

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Радіотехнічних пристроїв та систем
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) С.Я. Жук
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код та назва спеціальності)

на тему: Пристрій комутації баластного навантаження мережевого інвертора

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи РТ-Г61-1
(шифр групи)

Іванов Євген Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

Керівник старший викладач Антоненко О.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Консультант ох. праці к.т.н., доц. Гусев А.М.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет

Радіотехнічний факультет
(повна назва)

Кафедра

Радіотехнічних пристроїв та систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність

172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ С.Я. Жук
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Іванову Євгену Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Пристрій комутації баластного навантаження мережевого інвертора

керівник проекту (роботи) Антонець Олександр Миколайович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 5 червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Параметри мережі - однофазна
 $U_m = 230\text{В}$ $f = 50\text{Гц}$. 2. Потужність мережевого інвертора $P \leq 5\text{кВт}$.
3. Дискретність комутації баластного навантаження – 1кВт.

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) 1. Розробити структурну схему пристрою.
2. Розрахувати електричну принципову схему комутатора баластного навантаження. 3. Розробити друковану плату по за схемою комутатора

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Структурна схема пристрою. 2. Електрична принципова схема пристрою комутації навантаження. 3. Кресленик друкованої плати.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорони праці	Гусєв А.М., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2020р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз ТЗ. Огляд аналогів	21.04.2020р.	Виконано
2	Розробка структурної схеми	28.04.2020р.	Виконано
3	Електричні розрахунки	6.05.2020р.	Виконано
4	Розробка друкованої плати	15.05.2020р.	Виконано
5	Охорона праці	25.05.2020р.	Виконано
6	Графічна частина	3.06.2020р.	Виконано
7	Подання проекту	5.06.2020р.	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Є.В. Іванов

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

О.М. Антонєць

_____ (ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему «Пристрій комутації баластного навантаження мережевого інвертора» виконано на 74 сторінках, що включають 22 ілюстрації, 4 таблиці, 3 додатки та 17 бібліографічних посилань.

Метою даного проекту є розробка пристрою що має вирішити проблему використання мережевих інверторів у електричних мережах, що не мають спеціального двостороннього лічильника, а надлишкова енергія «віддана» в мережу рахується як спожита.

Для вирішення поставленої мети було оглянуто існуючі методи визначення потрібних величин та комутації навантаження, переваги та недоліки кожного з них, зручність використання та інші фактори, які дуже суттєво впливають на вибір кінцевого шляху.

Ключові слова: мікроконтролер, AVR, ATmega8L, давач сили струму, симістор, баластне навантаження, мережевий інвертор.

ANNOTATION

Diploma project entitled "Ballast load switching device of the on-grid inverter" written on the 74 pages, including 22 illustrations, 4 tables, 3 appendices and 17 bibliographic references.

The purpose of this project is to develop a device that should solve the problem of using on-grid inverters in electrical networks that do not have a special two-way meter, and excess energy "given" to the network is considered consumed.

To solve this goal, the existing methods of determining the required values and switching loads, advantages and disadvantages of each of them, ease of use and other factors that significantly affect the choice of the final path were reviewed.

Key words: microcontroller, AVR, ATmega8L, current sensor, triac, ballast load, on-grid inverter.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему:

Пристрій комутації баластного навантаження мережевого інвертора

Київ — 2020 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень	4
Вступ	5
1 Аналіз Технічного завдання	6
1.1 Постановка задачі	6
1.2 Типи сонячних електростанцій	6
1.3 Вибір мережевого інвертора	8
1.4 Огляд аналогів	9
2 Розробка концепції роботи пристрою	13
2.1 Загальний принцип роботи пристрою	13
2.2 Тип баластного навантаження	13
2.3 Метод вимірювання потужності	15
2.4 Спосіб комутації баластного навантаження	16
3 Розробка структурної схеми пристрою	17
4 Розробка електричної принципової схеми пристрою	19
4.1 Розробка схеми блоку комутації	19
4.2 Розробка схеми блоку живлення	24
4.2.1 Мережевий фільтр (A1)	28
4.2.2 Трансформатор (A2)	29
4.2.3 Випрямляч (A3)	29
4.2.4 Фільтр (A4)	29
4.2.5 Стабілізатор напруги (A5)	29
4.2.6 Індикатор (A6)	30
4.3 Розробка схеми вимірювачів потужності	31
4.4 Блок керування	38
5 Вибір елементної бази	41
5.1 Вибір контактних елементів X1, X2, X3, X4, X5, X6	41

					РТ61.648415.001 ПЗ						
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій комутації балас- тного навантаження ме- режевого інвертора			Літ.	Лист	Листів	
Розробив	Іванов Е.В.									1	74
Перевірив											
Н. Контр.											
Затвердив	Антонець О.М.							РТ-261-1 РТФ			

5.2 Вибір трансформатора T1	42
5.3 Вибір діодного моста VD1	42
5.4 Вибір стабілізатора напруги DA1	43
5.5 Вибір оптореле DA2 – DA7	43
5.6 Вибір діодних збірок D1 – D4	43
5.7 Вибір реле K1 – K4	44
5.8 Вибір мікроконтролера DD1	44
5.9 Вибір запобіжника FU1	45
5.10 Вибір варистора RU1	45
5.11 Вибір симісторів VS1, VS2, VS3, VS4, VS5	45
5.12 Вибір пасивних елементів	46
5.13 Вибір світлодіодних індикаторів HL1 – HL6	47
5.14 Вибір обмежувального діода VD1	47
5.15 Вибір транзисторів VT1 – VT9	47
6 Вибір конструкційних матеріалів	48
7 Друкована плата	49
8 Розробка програмного забезпечення	52
9 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	54
9.1 Вступ	54
9.2 Визначення шкідливих і небезпечних виробничих чинників при ви- робництві розроблюваного пристрою	55
9.3 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії	56
9.3.1 Відповідність параметрів виробничого приміщення санітар- ним нормам	56
9.3.2 Відповідність рівня освітленості робочої зони санітарним но- рмам	57
9.3.3 Відповідність санітарним нормам параметрів мікроклімату в робочій зоні	59
9.3.4 Відповідність електробезпеки відповідним нормам	62

9.3.5 Відповідність пожежної безпеки відповідним нормам	63
Висновки	65
Перелік джерел посилань	66
Додаток А	68
Додаток Б	69
Додаток В	70

					<i>PT61.648415.001 ПЗ</i>	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — друкована плата.

СП — сонячні панелі.

ДЖ — джерело живлення.

МІ — мережевий інвертор.

ТЕН — трубчастий електронагрівник.

ККД — коефіцієнт корисної дії.

ДВ — друкований вузол.

АЦП — аналогово-цифрове перетворення.

ЦАП — цифро-аналогове перетворення.

ЕРС — електрорушійна сила.

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сьогоднішній день все більшої популярності набирають відновлювані джерела енергії, зокрема сонячні електростанції, які можуть використовуватися в індивідуальних господарствах і будинках.

Існує три основних види систем, за якими проектують малі сонячні електростанції: автономні, мережеві та гібридні. Вид системи визначає тип застосованого інвертора. Недоліком автономної системи є необхідність використання акумуляторних батарей, вартість яких доволі суттєва. Гібридні системи через складність дорогі. Оптимальним варіантом є використання мережевих інверторів, які можуть працювати в тандемі з промисловою електричною мережею, мають середню ціну, а для роботи не потрібні акумуляторні батареї. Але вони мають один суттєвий недолік – при надлишку енергії від сонячних панелей електрична енергія віддається в мережу, а лічильник її враховує як спожиту, і власнику приходится за це ще й платити.

Сьогодні існує «зелений тариф», що дозволяє продавати вироблену електроенергію державі, але це потребує оформлення договорів і затрат на двунаправлений лічильник, без якого віддана у мережу енергія буде нараховуватись як спожита. Тому власники мережевих інверторів, які не мають двунаправлений лічильників, зацікавлені у розробці пристрою, який буде контролювати рівень потужності споживачів і при її надлишку не дозволить віддати потужність у мережу, а перенаправить на баластне навантаження.

Метою дипломного проекту є розробка пристрою для комутації баластного навантаження до мережевого інвертора.

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Постановка задачі

На даний час паралельно з великими промисловими електростанціями в Україні з'являється все більше індивідуальних сонячних електростанцій. Для власників таких електростанцій з 2013 року існує «зелений» тариф[1].

За «зеленим» тарифом оптовий ринок електричної енергії України зобов'язаний купувати електроенергію, вироблену з альтернативних джерел енергії за цінами, визначеними Національною комісією з регулювання електроенергетики України.

Проте для його використання необхідно укласти договори і обов'язково замінити лічильник електроенергії на двунаправлений, ціна якого доволі суттєва.

Хоч цей тариф дозволяє продавати надлишок електроенергії державі, термін окупності для такого випадку складає декілька років і зменшується з ростом потужності електростанції.

Для електростанції малої потужності (до 10кВт), цей термін занадто великий, тому використання «зеленого» тарифу є недоцільним. Але для цього випадку, без спеціального двунаправленого лічильника, у випадку надлишку потужності, енергія буде віддаватись у мережу і буде зарахована як спожита.

Тому необхідно розробити пристрій, який не дозволить надходження власної надлишкової електричної енергії до промислової енергосистеми. Для цього необхідно проаналізувати типи сонячних електростанцій, їх будову та вже існуючі аналоги таких пристроїв.

1.2 Типи сонячних електростанцій

Сонячна електростанція складається з фотоелектричних панелей, що перетворюють енергію сонячного випромінювання у електричний струм. Так як цей струм є постійним, а побутові прилади використовують змінний, для йо-

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

го перетворення використовують інвертор. Саме він визначає топологію і тип сонячної електростанції[2].

Залежно від використання, інвертори можна розділити на три основні типи:

- Автономні (off-grid) — інвертори які не підключені до зовнішньої електричної мережі та призначені для автономних фотоелектричних систем.
- Мережеві (on-grid) — інвертори, що працюють синхронно з централізованою мережею електропостачання. Крім своїх прямих функцій такі прилади забезпечують регулювання основних експлуатаційних параметрів мережі: частота напруги, амплітуда і т.і. У разі збою живлення інвертор автоматично вимкнеться. Даний тип інверторів підходить для сонячних систем без акумуляторних батарей. Вся вироблена енергія генерується в загальну мережу за «зеленим» тарифом.
- Гібридні (hybrid) — так звані «акумуляторно-мережеві» перетворювачі, які поєднують властивості автономних і мережевих пристроїв. Такі інвертори мають велику кількість налаштувань для оптимізації роботи сонячної системи від загальної електричної мережі та при наявності акумуляторних батарей.

Використання автономного інвертора доцільне у випадку відсутності підключення до мережі, наприклад у віддалених регіонах де немає необхідної інфраструктури. У приватному будинку або господарстві, з підключенням до мережі, такий інвертор не використовується. До того ж для його роботи необхідні акумуляторні батареї, що суттєво збільшують вартість системи і її обслуговування.

Гібридний інвертор працює як з мережею, так і без неї. Він може працювати і без акумуляторів, віддаючи надлишок енергії у мережу. Його багатofункціональність, в нашому випадку, є недоліком, так як його складність відображається на ціні – гібридні інвертори є найдорожчими.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Найоптимальнішим є використання мережевого інвертору – для його роботи не потрібні батареї і у нього середня ціна. Проте він не здатний регулювати свою вихідну потужність, вона залежить тільки від інтенсивності сонячного випромінювання, що потрапляє на фотоелектричні панелі. Тому необхідно щоб надлишок потужності не надходив до загальної мережі.

1.3 Вибір мережевого інвертора

При виборі мережевого інвертора, головним параметром є його потужність, яка визначається загальною потужністю приєднаних сонячних панелей і дозволеною потужністю електричної мережі будинку. Потужність сонячних панелей можна регулювати, змінюючи їх кількість. Що стосується виділеної постачальником електроенергії потужності на будинок, більша частина приватних будинків має однофазне підключення, яке також вимагає технічне задоволення.

Згідно з пунктом 5.7.7 ГКД 34.20.175-2002 "Про вимоги до проектування повітряних ліній електропередачі напругою до 1 кВ з самоутримними ізолюваними проводами"[3] визначено, що пропускна здатність мережі 0,38 кВ, до якої приєднані однофазні споживачі, повинна бути достатньою для забезпечення вимог згідно з ДСТУ 13109-97. При цьому однофазні споживачі повинні рівномірно за потужністю розподілятися між всіма. Для споживачів з максимальним навантаженням більшим ніж 4-5 кВт рекомендується трифазний ввід. Таким чином, приєднання об'єктів замовника за однофазною схемою можливе лише при значенні потужності, що не перевищує 5 кВт.

Враховуючи також, що інвертори потужністю більше 5кВт мають здебільшого лише трифазне підключення, обрано мережевий інвертор STW 4600 E компанії SunTechnics, з номінальною потужністю 4600Вт. Основні параметри інвертору наведено в Таблиці 1.1[4].

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						8
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Характеристики і параметри інвертора STW 4600 E

Вхідні параметри (постійний струм)	
Напруга максимальної потужності	150 – 400 В
Максимальна напруга	530 В
Пікова потужність фотоелектричних панелей	4600 – 6700 Вт
Максимальний вхідний струм	35.84 А
Вихідні параметри (змінний струм)	
Номінальна потужність	4600 Вт
Максимальна потужність	5000 Вт
Максимальний ККД	94.3 %
Напруга мережі / частота	230 В / 50 Гц
Коефіцієнт нелінійних спотворень	< 3.5 %
Коефіцієнт потужності	1
Власне споживання (вночі)	0.003 Вт
Споживання в режимі очікування	13 Вт

1.4 Огляд аналогів

Для підтвердження актуальності розроблюваного пристрою необхідно провести огляд можливих аналогів на ринку, проаналізувати їх будову, основні характеристики і принципи функціонування. Це дозволить розробити новіший, ефективніший, більш функціональний, отже і актуальний пристрій.

Для початку необхідно визначити, в яку категорію можна віднести розроблюваний пристрій і його аналоги. Виходячи з його назви, це пристрій комутації навантаження. Виходячи з його функцій, пристрій є електронним і автоматичним. Згідно ТЗ, має функціонувати у складі однофазної електричної мережі приватного будинку або господарства, у ролі змінного баластного навантаження для мережевого інвертору (або іншого джерела електроенергії, в загальному випадку), що не може змінювати свою вихідну потужність.

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Після проведення аналізу масового ринку, не було знайдено пристроїв аналогічних за призначенням. Тобто в цілому, розроблюваний пристрій є актуальним, а його розробка є доцільною не лише з дослідницької, а і з економічної точки зору.

Проте, було виявлено велику кількість вузькоспеціалізованих пристроїв, принцип роботи і будова яких допоможе у проектуванні розроблюваного пристрою, а деякі з них можна використовувати як його складові частини.

Потенціально корисні для розробки пристрої:

- Давачі, наприклад «Безконтактний датчик струму MP563»[5] (Рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Датчик струму MP563

Давачі струму та напруги є важливими елементами пристрою, що має виконувати моніторинг параметрів потужності у електричній мережі.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Перемикачі фаз, наприклад Перемикач фаз ПЕФ-301[6] (Рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Перемикач фаз ПЕФ-301

Перемикачі фаз та подібні за функцією пристрої виконують автоматичне перемикання ліній в трифазних мережах згідно виставленим параметрам. Для розробки корисним використаний принцип перемикання силових ліній, застосована елементна база і зовнішній вигляд корпусу.

- Регулятори потужності, наприклад Pandora-MPR[7] (Рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Регулятор потужності Pandora-MPR

На сьогоднішній день існує багато приладів, які змінюючи параметри або форму напруги живлення, регулюють потужність підключеного наванта-

					<i>РТ61.6484 15.001 ПЗ</i>	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ження. Проте вони розроблюються під конкретне застосування (наприклад керування обертами електричного двигуна).

- Електричні комутатори, наприклад «Комутатор навантаження HDH-xx44.ZD3»[8] (Рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Комутатор навантаження HDH-xx44.ZD3

Враховуючи специфіку використання розроблюваного пристрою, в його склад будуть входити пристрої електричної комутації. Подібних пристроїв існує багато видів, що дозволить обрати найбільш оптимальний для нашого випадку.

2 РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

2.1 Загальний принцип роботи пристрою

У випадку, якщо не вся згенерована мережевим інвертором енергія використовуються споживачами у внутрішній мережі будинку, пристрій має під'єднати додаткові споживачі (баластне навантаження), щоб компенсувати надлишок потужності.

Для цього необхідно вимірювати величину потужності, що генерується і споживається. Також необхідно визначити тип баластного навантаження і метод його комутації. Після цього буде розроблено метод обробки інформації і керування комутацією баласту.

2.2 Тип баластного навантаження

Згідно ТЗ, баластне навантаження має забезпечуватись плавне регулювання потужності в межах 1кВт, що потребує вибору такого його типу, що є нечутливим до змін параметрів напруги і мати постійну номінальну потужність. Також, враховуючи спонтанне підключення і відключення від мережі, з метою зменшення ймовірності виходу з ладу, це має бути пристрій простий у своїй будові. Крім того, бажаним є його корисне використання в побуті.

Ці вимоги задовольняють електронагрівові та освітлювальні прилади, принцип дії яких базується на тепловій дії струму (Закон Джоуля-Ленца).

Для побутових потреб доцільним є використання трубчастого електронагрівника (ТЕНа)[9].

ТЕНи використовуються як комплектуючі у промислових та побутових приладах та установках і служать для нагрівання:

- повітря та інших газів та їх сумішей;
- води і слабких розчинів кислот та лугів;
- жирів та олив;
- прес-форм;
- легкоплавких металів та сплавів;

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

- селітри при плавленні.

Трубчасті електронагрівники у порівнянні з іншими типами нагрівачів вирізняються:

- можливістю їх експлуатувати при безпосередньому контакті з середовищами нагрівання газоподібними та рідкими при тиску до 0,1МПа, а також твердими;
- надійністю при вібраціях та значних ударних навантаженнях;
- різноманітною геометричною конфігурацією;
- відсутністю електричної напруги на оболонці ТЕНа.

У приватному будинку можливо нагрівати воду для додаткового опалення або для використання у господарстві.

Враховуючи вимоги ТЗ по дискретній потужності вирішено, що баластне навантаження складатиметься з п'яти подібних ТЕНів з номінальною потужністю в 1 кВт. Виходячи з цього, необхідно розрахувати приблизний об'єм теплоносія (води) для нагрівача потужністю 5кВт.

Використаємо формулу кількості теплоти:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

де Q – кількість теплової енергії;

c – питома теплоємність;

m – маса речовини;

ΔT – різниця температури.

Для найгіршого випадку, нехай баластне навантаження буде працювати упродовж 5 годин на максимальній потужності.

					РТ61.648415.001 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		

Також врахуємо приблизний коефіцієнт корисної дії (ККД) електронагрівача 80%.

Тоді, згенероване тепло становитиме:

$$Q = k \cdot P \cdot \Delta t = 0.8 \cdot 5000 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 60 = 72 \text{ МДж} \quad (2.2)$$

де Q – кількість теплової енергії;

k – коефіцієнт корисної дії;

P – потужність;

Δt – час роботи.

Перетворивши Формулу 2.1, визначимо необхідну кількість теплоносія, враховуючи, що нагрівання буде в середньому від 293K до 353K:

$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} = \frac{72 \cdot 10^6}{4200 \cdot 60} = 285.714 \text{ кг} \quad (2.3)$$

Отже, для безпечної роботи баластного навантаження у вигляді електронагрівача, рекомендовано використовувати бак об'ємом 300 літрів або більше.

2.3 Метод вимірювання потужності

Враховуючи використання пристрою у побуті, від вимірювачів потужності не вимагається високого класу точності. Тому, з метою зменшення собівартості і складності, вимірювання потужності буде проводитись шляхом математичної обробки сигналів з датчиків напруги та струму.

Для цього необхідно визначити тип мікроконтролера, що буде проводити обробку даних і тип датчиків напруги і струму.

					РТ61.648415.001 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

2.4 Спосіб комутації баластного навантаження

Під'єднання баластного навантаження буде керуватися сигналом з мікроконтролера. Через низьку надійність контактних реле, для комутації будуть використані симістори. Їх швидкодія дозволить використати фазове керування потужністю навантаження, а перемикання при проходженні напруги через «нуль», суттєво покращить електромагнітну сумісність пристрою.

					<i>РТ61.6484 15.001 ПЗ</i>	Лист
						16
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

Необхідність розробки пристрою комутації баластного навантаження мережевого інвертору викликана відсутністю можливих аналогів на масовому ринку в нашій країні, а ті що виробляються за кордоном через свою складність та надлишковість функції занадто дорогі і не достатньо ефективні для малопотужних СЕС. Замість їх використання з мережевим інвертором, доцільнішим є використання гібридних інверторів, в які вже входить функція автоматичного керування потужністю.

Тому однією з основних вимог до розроблюваного пристрою є його низька собівартість і функціонування у тандемі з мережевим інвертором.

Так як прилад має слідкувати за потужністю, що генерується та споживається у мережі будинку, одними із основних його блоків є вимірювачі вихідної потужності інвертора, потужності споживачів і баластного навантаження.

Згідно ТЗ, прилад має дозволяти дискретно і плавно змінювати потужність баластного навантаження. За цю функцію відповідає блок комутації.

Функцію обробки даних від вимірювачів потужності та керування блоком комутації виконує блок керування. До його функцій також входить виведення необхідної інформації про стан і режими роботи і органи управління.

Для живлення блоку керування (мікроконтролера) постійним струмом використовується блок живлення.

Структурна схема розроблюваного пристрою, у складі електричної мережі будинку, представлена на Рисунку 3.1.

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

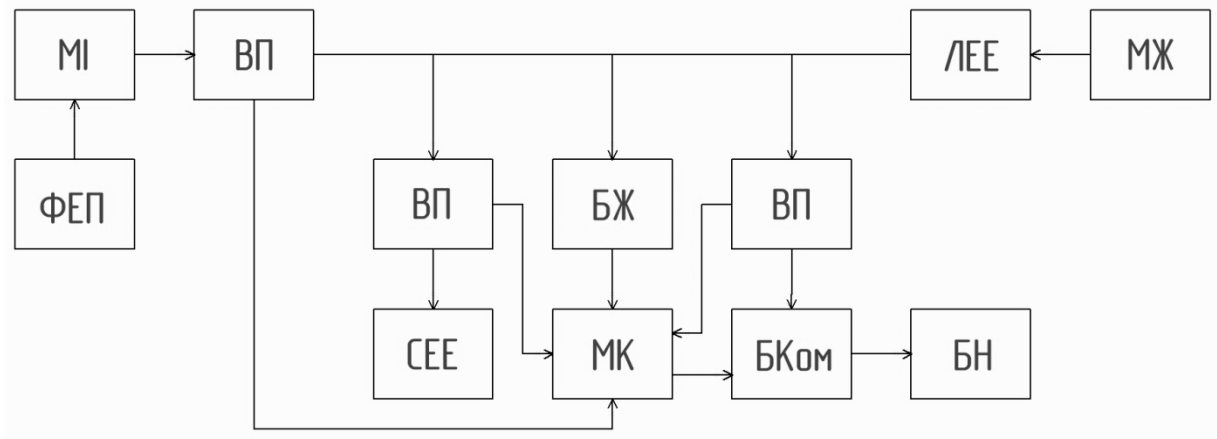


Рисунок 3.1 – Структурна схема

Умовні скорочення:

- МЖ — мережа живлення напругою промислової частоти;
- ЛЕЕ — лічильник електричної енергії, вимірює спожиту будинком / господарством енергію;
- ВП — вимірювач потужності, блок датчиків що вимірює параметри напруги і струму в гілках локальної електричної мережі;
- МК — мікроконтролер, що виконує обробку інформації з датчиків і керує підключеним до приладу навантаженням;
- БЖ — блок живлення, що трансформує мережеву напругу 230В / 50Гц у необхідну для роботи мікроконтролера;
- БКом — блок комутації, що по командам з мікроконтролера, підключає баластне навантаження;
- БН — баластне навантаження;
- СЕЕ — споживачі електричної енергії у внутрішній електричній мережі;
- ФЕП — масив фотоелектричних панелей (фотоелектричне поле);
- МІ — мережевий інвертор;

4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

4.1 Розробка схеми блоку комутації

Блок комутації має виконувати приєднання баластного навантаження до електричної мережі за сигналом від блоку керування, шляхом замикання і розмикання кола навантаження.

Згідно з ТЗ, схема буде складатися з п'яти частин – чотирьох однакових схем дискретного і однієї схеми для плавного керування потужністю.

В першу чергу необхідно розробити схему дискретного керування.

Найпростішим рішенням задачі є використання електромагнітного реле, через його простоту і низьку вартість. Проте, реле мають невисоку надійність, через свою механічну дію, досить часто під час замикання, контакти зплаваються і струм тече постійно, незважаючи на керуючі сигнали. Ця проблема виникає при комутації як реактивного навантаження, так і чисто активного. У випадку комутування потужного, наприклад індуктивного навантаження, при замиканні і розмиканні між контактами виникає електричний розряд, що зменшує строк роботи пристрою. А при комутації, наприклад потужного резистивного навантаження, через зміну температури провідників (для ламп розжарювання, ТЕНів), пусковий струм може в декілька разів перевищувати номінальний[10]. До того ж, в момент комутації створюються високочастотні завади, що зменшують електромагнітну сумісність приладу в цілому.

Іншим рішенням є використання твердотільних реле, тиристорів і симісторів. Через відсутність механічних рухомих частин, ці прилади не мають тих проблем, що є у електромагнітних реле. Проте їх недоліком є як ціна (для твердотільних реле), так і не нульовий опір у відкритому стані (опір р-п-переходу), що викликає їх нагрів, а при роботі з великими значеннями струмів - необхідність в охолодженні.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

Проаналізувавши ці варіанти, прийнято рішення розробити схему, що буде використовувати сильні сторони обох типів приладів і компенсувати їх недоліки. Початковий вигляд пропонованого рішення на Рисунку 4.1.

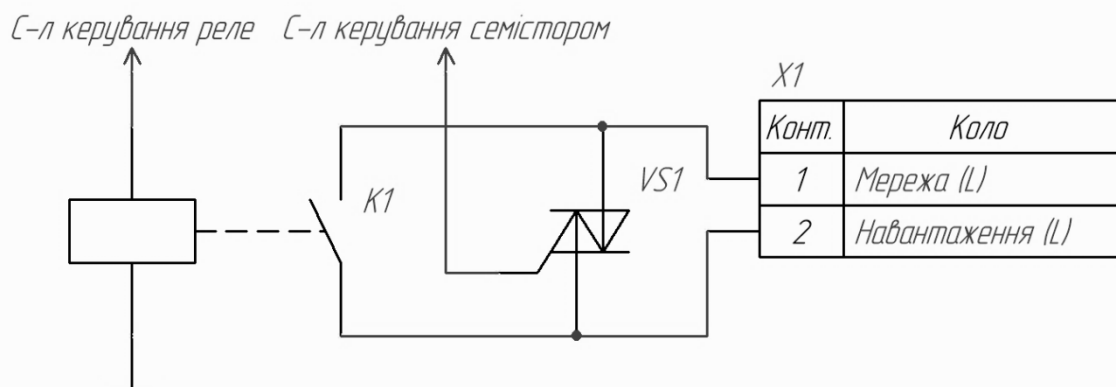


Рисунок 4.1 – Початковий вигляд схеми дискретного комутування

Концепція процесу підключення наступна: при отриманні сигналу на приєднання навантаження, в першу чергу сигнал керування надходить на симістор, він відкривається; за перші 40-100 мс. завершуються перехідні процеси, напруга і струм у колі приходять до робочих значень; після цього, надходить сигнал на відкриття реле, яке шунтує симістор.

Відключення відбувається аналогічно, але навпаки.

Симістор бере на себе стрибки струму, до яких він не вразливий, а при переході струму до номінальних значень, реле його шунтує. Внаслідок цього, на симісторі надалі не виділяється тепло і в додаткових засобах охолодження немає необхідності.

Тепер необхідно розвинути цю схему, додавши кола керування реле і симістором, сповільнюючі системи, що дозволять розділено в часі керувати схемою лише одним вхідним сигналом з блоку керування. Також необхідно гальванічно розв'язати частини схеми з високою і низькою напругою, і дода-

ти індикатор, для можливості моніторингу режиму схеми в процесі роботи у складі пристрою.

На Рисунку 4.2 наведено наступний етап розвитку схеми, для гальванічного розв'язання частин схеми використано оптореле, що також має в своєму складі схему реєстрації проходження під'єднаної напруги через «нуль», що дозволяє звести створення електромагнітних завад до мінімальних значень. Для індикації додано світлодіод.

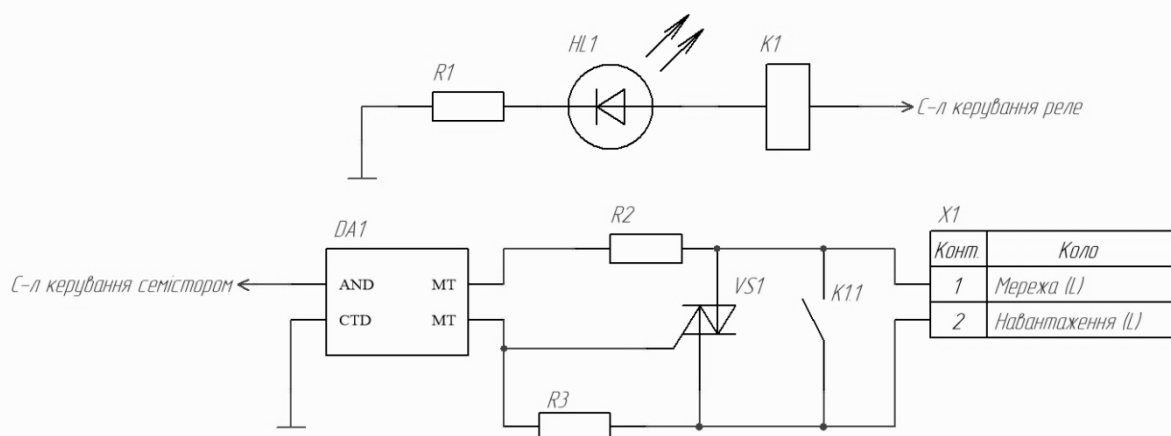


Рисунок 4.2 – Другий етап розробки схеми дискретної комутації

Наступним кроком є додавання схемотехнічних рішень розділення кіл живлення і керування, для зменшення струму, що надходить від мікроконтролера. Це збільшить стабільність його роботи і задовольнить вимоги по оптимальному струму портів вводу/виводу. Зміни відображено на Рисунку 4.3.

Останнім є додавання до схеми рішень, що дозволяють одним керуючим сигналом замикає, із затримкою одне від одного, реле і симістор. Це можливо зробити за допомогою RC-ланок з різною сталою часу, де напруга на ємності буде відкривати і закривати транзисторні ключі. Також бажано додати засоби захисту від перевищення напруги живлення у низьковольтній частині схеми. Остаточний вигляд схеми дискретної комутації навантаження наведено на Рисунку 4.4.

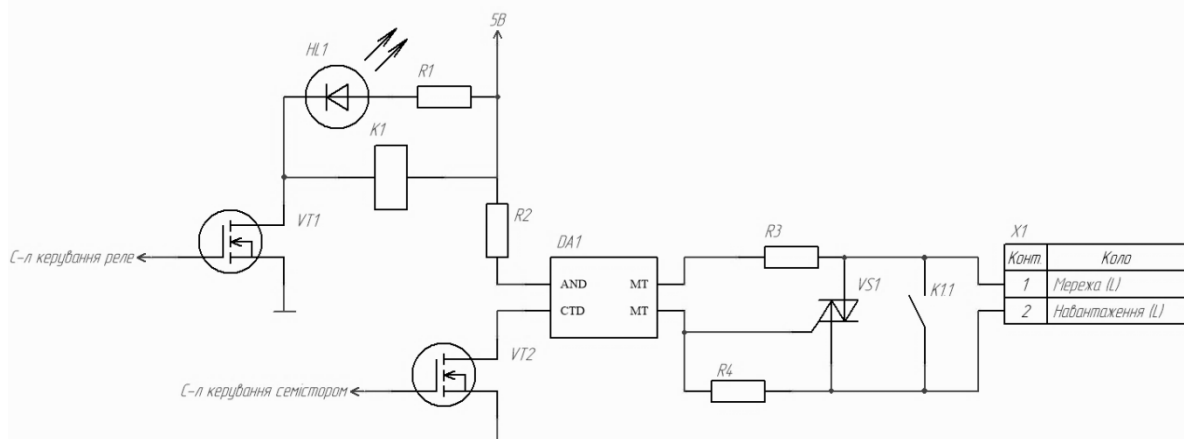


Рисунок 4.3 – Третій етап розробки схеми дискретної комутації

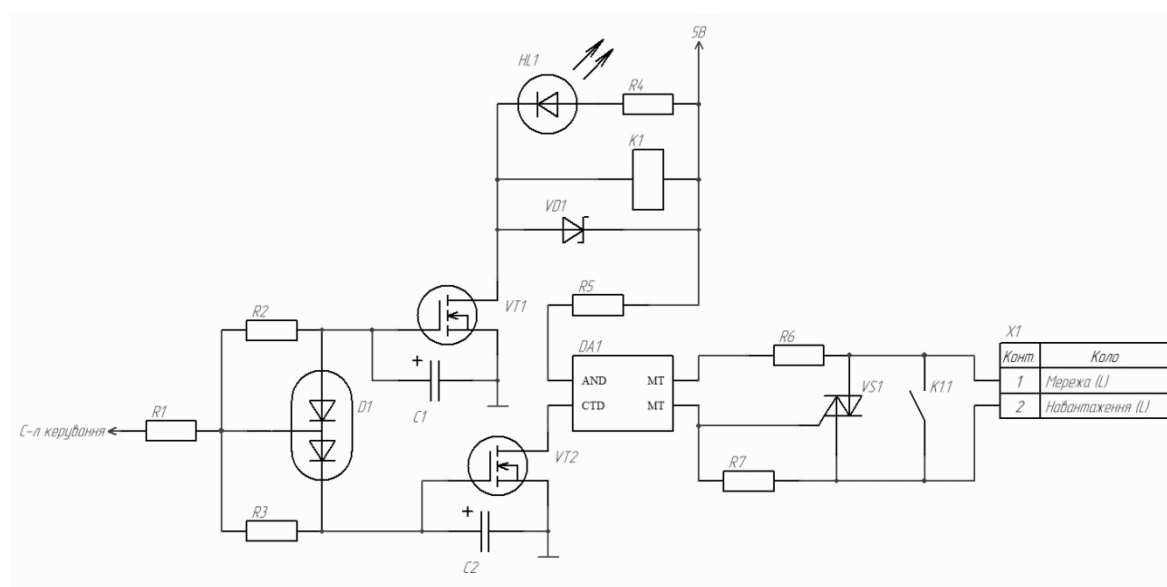


Рисунок 4.4 – Остаточний вигляд схеми дискретної комутації

На Рисунку 4.5 показано схему підключення навантаження до пристрою комутації. Цей варіант підключення дозволить збільшити електробезпечність приладу в цілому, так як при відключеному навантаженні, на ньому буде потенціал «нейтралі», а не «фази». При цьому, також, спільною для всіх баластних навантажень буде «нейтраль».

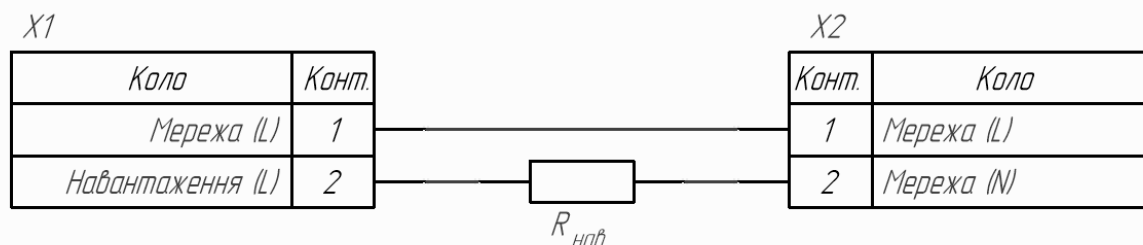


Рисунок 4.5 – Спосіб включення навантаження

В свою чергу, схема комутації для плавного керування потужністю баластного навантаження, через специфіку роботи, має іншу структуру.

Умовно плавне регулювання потужністю баластного навантаження виконується шляхом пропуску декількох періодів напруги, тобто використано фазове регулювання потужністю. Тому використання електричних реле є неможливим – їх швидкодія не достатня. Проте для цих цілей ефективно використання симісторів[11].

Від схеми вимагається забезпечити індикацію підключення навантаження, виконання умов по струму портів мікроконтролера і гальванічне розв'язання високовольтних і низьковольтних частин схеми.

Остаточний варіант схеми плавного регулювання потужності баластного навантаження наведено на Рисунку 4.6.

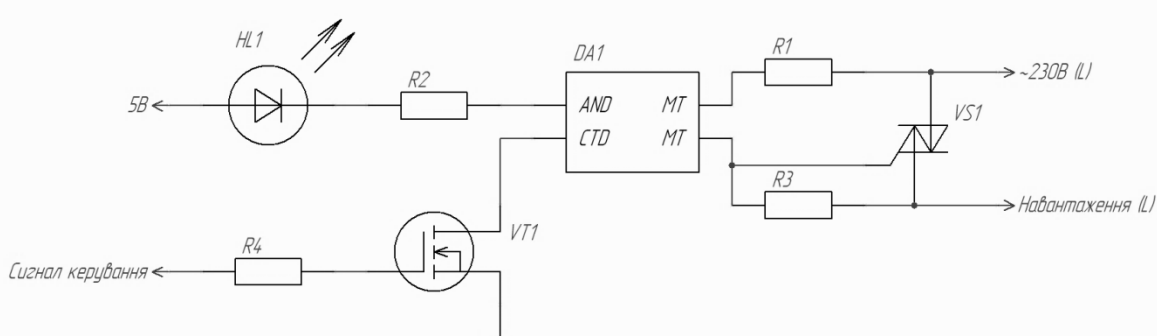


Рисунок 4.6 – Схема плавного регулювання потужності

4.2 Розробка схеми блоку живлення

Згідно з концепцією роботи пристрою, для функціонування блоку керування (мікроконтролера, оптореле, індикаторів) обрано постійну напруга 5В.

Враховуючи, що пристрій працює з мережею змінного струму 230В/50Гц, необхідно створити вторинне джерело живлення, яке перетворить параметри електроенергії мережі в електроенергію з параметрами, необхідними для функціонування пристрою.

Задачі, які має виконувати вторинне джерело живлення[12]:

- Забезпечення передавання потужності (споживання з запасом - 5Вт);
- Перетворення форми напруги (змінну в постійну);
- Перетворення величини напруги (230В у 5В);
- Стабілізація струму і напруги (від 2.7В до 5.5В для мікроконтролера);
- Захист (у випадку несправності);
- Гальванічне розв'язання кіл (одна з мір захисту);

Дві найбільш типові конструкції – це трансформаторні (без перетворення частоти) та імпульсні (з перетворенням частоти) джерела живлення.

Проаналізуємо будову та принцип роботи обох типів джерел живлення і оберемо найоптимальніший для нашого випадку.

Класичним блоком живлення є трансформаторний. У загальному випадку він складається з понижуючого трансформатора або автотрансформатора, у якого первинна обмотка розрахована на напругу мережі. Потім встановлюється випрямляч, що перетворює синусоїдальну змінну напругу в пульсуючу. У більшості випадків випрямляч складається з одного діода (однапівперіодний випрямляч) або чотирьох діодів, що утворюють діодний міст (двунапівперіодний випрямляч). Іноді використовуються й інші схеми, наприклад, в випрямлячах з подвоєнням напруги.

Після випрямляча встановлюється фільтр, що згладжує коливання (пульсації). Зазвичай він являє собою просто конденсатор великої ємності.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

Також в схемі можуть бути встановлені фільтри високочастотних завад, сплесків (варистори), захисту від короткого замикання (КЗ), стабілізатори напруги і струму.

Переваги трансформаторних ДЖ:

- Простота конструкції;
- Надійність;
- Доступність елементної бази;
- Відсутність створення радіоперешкод (для малопотужних ДЖ).

Недоліки трансформаторних ДЖ:

- Відносно велика вага і габарити, що пропорційні потужності;
- Металоемність;
- Компроміс між зниженням ККД і стабільністю вихідної напруги: для забезпечення стабільної напруги потрібен стабілізатор, що вносить додаткові втрати.

Іншим типом є імпульсні джерела живлення. Імпульсне ДЖ є інверторною системою. В імпульсних джерелах живлення змінна вхідна напруга спочатку випрямляється. Отримане постійна напруга перетвориться в прямокутні імпульси підвищеної частоти і певної шпаруватості, або подаються на трансформатор (у разі імпульсних БП з гальванічною розв'язкою від мережі живлення) або безпосередньо на вихідний фільтр нижніх частот (в імпульсних БП без гальванічної розв'язки).

В імпульсних ДЖ можуть застосовуватися малогабаритні трансформатори – це пояснюється тим, що з ростом частоти підвищується ефективність роботи трансформатора і зменшуються вимоги до габаритів (перерізу) осердя, необхідного для передачі еквівалентної потужності. У більшості випадків таке осердя може бути виконано з феромагнітних матеріалів, на відміну від

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						25
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

осердь низькочастотних трансформаторів, для яких використовується електротехнічна сталь.

В імпульсних ДЖ стабілізація напруги забезпечується за допомогою негативного зворотного зв'язку. Зворотній зв'язок дозволяє підтримувати вихідну напругу на відносно сталому рівні незалежно від коливань вхідної напруги і величини навантаження. Зворотний зв'язок можна організувати різними способами. У випадку імпульсних джерел з гальванічною розв'язкою від мережі живлення найбільш поширеними способами є використання зв'язку за допомогою однієї з вихідних обмоток трансформатора або за допомогою оптрона.

В залежності від величини сигналу зворотного зв'язку (залежить від вхідної напруги), змінюється шпаруватість імпульсів на виході ШІМ-контролера. Якщо розв'язка не потрібна, то, як правило, використовується простий резистивний подільник напруги. Таким чином, блок живлення підтримує стабільну вихідну напругу.

Переваги імпульсних ДЖ:

- менша вага;
- значно вищий ККД (до 90-98%);
- порівнянна з трансформаторними ДЖ надійність;

Блоки живлення обчислювальної техніки, оргтехніки, побутової електроніки майже виключно імпульсні. Лінійні БЖ малої потужності збереглися в основному тільки в: для живлення слабкострумівих плат управління високоякісної побутової техніки на зразок пральних машин, мікрохвильових печей і опалювальних котлів і колонок; для малопотужних керуючих пристроїв високої і надвисокої надійності, розрахованих на багаторічну безперервну експлуатацію при відсутності обслуговування або ускладненому обслуговуванні, як, наприклад, цифрові вольтметри в електроцитах, або автоматизація виробничих процесів.

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- широким діапазоном напруги живлення і частоти;

На практиці це означає можливість використання одного і того ж імпульсного БП для переносної цифрової електроніки в різних країнах світу – Росія / США / Англія, сильно відмінних по напрузі і частоті в стандартних розетках.

- наявність в більшості сучасних ДЖ вбудованих ланцюгів захисту від різних непередбачуваних ситуацій, наприклад від короткого замикання і від відсутності навантаження на виході.

Недоліки імпульсних ДЖ:

- Робота основної частини схеми без гальванічної розв'язки від мережі, що, зокрема, дещо ускладнює ремонт таких ДЖ;
- Всі без винятку імпульсні блоки живлення є джерелом високочастотних перешкод, оскільки це пов'язано з самим принципом їх роботи. Тому потрібно вживати додаткових заходів усунення завад, які часто не дозволяють усунути перешкоди повністю. У зв'язку з цим часто неприпустимо застосування імпульсних БЖ для деяких видів апаратури.
- Як правило, імпульсні блоки живлення мають обмеження на мінімальну потужність навантаження. Якщо потужність навантаження нижче мінімальної, блок живлення або не запускається, або параметри вихідних напруг (величина, стабільність) можуть не укладатися в допустимі відхилення.
- У розподілених системах електроживлення: ефект гармонік кратних трьом. При наявності ефективно діючих коректорів фактора потужності і фільтрів у вхідних ланцюгах цей недолік зазвичай не актуальний.

Враховуючи ці дані, вбудований характер розташування джерела живлення, вимоги до надійності та довговічності роботи без обслуговування, необхідну простоту конструкції, вимоги до електромагнітної сумісності і галь-

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ванічного розділення кіл ,а також низьку потужність та вихідну напругу джерела, доцільним є використання трансформаторного (лінійного) джерела живлення.

Структурна схема трансформаторного блоку живлення, за якою буде розроблюватись його схема принципова, наведена на Рисунку 4.7.

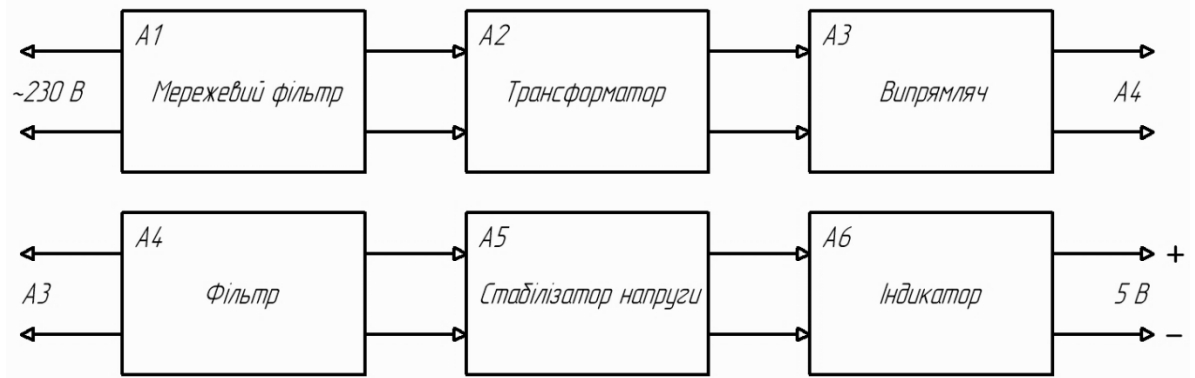


Рисунок 4.7 – Структурна схема джерела живлення

Розглянемо кожен блок окремо.

4.2.1 Мережевий фільтр (A1)

Призначений для придушення високовольтних і високочастотних мережевих перешкод. З високовольтними перешкодами успішно впорається варистор. А високочастотні перешкоди подавить RC-фільтр.

Варистор – це напівпровідниковий елемент, що характеризується своїм опором. Працює він наступним чином: в робочому режимі опір варистора достатньо великий, напруга не перевищує порогове значення варистора, і струм через нього не тече. Як тільки напруга досягає «порогу» - опір варистора знижується практично до декількох десятків Ом і струм починає протікати через нього. Короточасні високовольтні імпульси гасяться варистором, а більш тривалі перенапруження, як правило, виводить його з ладу.

4.2.2 Трансформатор (A2)

У БЖ трансформатор грає ключову роль, саме він знижує (перетворює) мережеве живлення 230 В у низьковольтне. Трансформатор повинен бути силовим, розрахований на мережеву частоту 50 Гц, з первинної обмоткою на 230 В і однією вторинною обмоткою на 7 - 10 В (запас на стабілізацію). Номінальна потужність трансформатора 4 - 8 Вт. Для низької потужності, тип конструкції не є суттєвим.

4.2.3 Випрямляч (A3)

Перетворює змінну синусоїдальну напругу на вході в пульсуючу однополярну на виході. Використаємо двунапівперіодний випрямляч - діодний міст.

4.2.4 Фільтр (A4)

Призначений для згладжування напруги після випрямляча. Використовується, звичайний, електролітичний конденсатор великої ємності. Чим більше ємність конденсатора, тим менше пульсації.

Розраховуючи, що вторинна обмотка трансформатора (A2) буде на 7 - 10 В і з урахуванням підвищення напруги в 1,41 раз (діюче і амплітудне значення) оберемо конденсатор на напругу не менше 25 В. В момент, коли конденсатор заряджається, струм, що протікає через діодний міст, збільшується, тому необхідно забезпечити і заряд і навантаження. Зворотна напруга діода теж важлива - відбувається додавання вхідної і вихідної напруг. Тому діоди для випрямляча потрібно підбирати з запасом по параметрам.

4.2.5 Стабілізатор напруги (A5)

Ця мікросхема служить для стабілізації діапазону напруг на вході в чітко встановлений діапазон на виході. Логічним є те, що вхідна напруга має бути більше вихідної, як правило, не менше ніж на 3 В. Максимальний поріг зазвичай обмежений 30 - 40 В.

Стабілізатор краще обрати в корпусі TO220 (або подібному) і встановити на до нього радіатор.

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						29
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

4.2.6 Індикатор (А6)

Використання індикатору у блоці живлення є доцільним. Він дозволить візуально оцінити, чи працює живлення пристрою.

Він складається з світлодіода і струмообмежувального резистора. Світлодіод червоного або зеленого кольору на напругу 1,5 – 3 В.

Опір струмообмежувального резистора розраховується за формулою 4.1:

$$R = \frac{(U_{\text{жив}} - U_{\text{св}})}{I_{\text{св}}} \quad (4.1)$$

де $U_{\text{жив}}$ – напруга джерела живлення;

$U_{\text{св}}$ – пряма напруга світлодіода;

$I_{\text{св}}$ – прямий струм світлодіода.

Остаточну схему електричну принципову блоку живлення можна побачити на Рисунку 4.8.

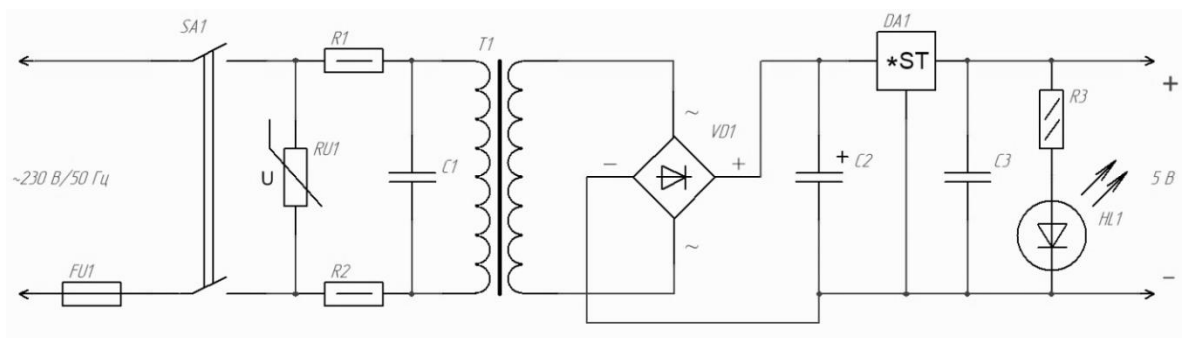


Рисунок 4.8 – Принципова схема блоку живлення

4.3 Розробка схеми вимірювачів потужності

Для визначення потужності, що передається через лінію необхідно виміряти напругу, що прикладена до лінії, та виміряти струм, що протікає через лінію. Тобто, потрібно визначитись з методами, що дозволяють визначити ці параметри.

В першу чергу потрібно визначити, яку форму має напруга в мережі живлення. Це регламентовано в стандарті ДСТУ EN 50160:2014, що чинний з 1 жовтня 2014 року[13] — «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення». Стандарт визначає, що «стандартна номінальна напруга U_n для мереж низької напруги загального призначення має значення $U_n = 230V$ між нульовим і фазним проводом або між фазними проводами.

При нормальних робочих умовах, за винятком періодів часу коли відбувається переривання напруги, змінення напруги не мають перевищувати $\pm 10\%$ від величини номінальної напруги U_n .

Номінальна частота змінної напруги електропостачання повинна бути 50 Гц. За нормальних робочих умов середнє значення частоти основної складової напруги, що виміряно у проміжку 10с., має бути в межах $\pm 1\%$ (тобто 49,5 Гц ... 50,5 Гц) упродовж 99,5% часу за рік».

Таким чином, ми маємо мережу з напругою $230V \pm 10\%$ і частотою 50Гц $\pm 1\%$.

Змінна напруга у мережі має синусоїдальну форму, тому необхідно визначити її основні параметри:

- Миттєве значення напруги $u(t)$ — це різниця потенціалів між двома точками, виміряна в певний момент часу.
- Амплітудне значення напруги U_m — максимальне відхилення від нульового значення. Саме це значення використовується для математичного запису гармонічного коливання в наступній формулі:

$$u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t) \quad (4.2)$$

де U — напруга;

$\omega = 2\pi f$ — кутова частота.

Для мережі 230 В/50 Гц це значення складає приблизно 325,269 В.

- Середнє значення напруги $U_{\text{сер}}$ — середнє арифметичне або постійна складова змінної напруги. В мережі живлення 230 В/50 Гц це значення повинно бути рівне нулю оскільки відповідає постійній складовій, якої не повинно бути в змінній мережі електроживлення.
- Середньоквадратичне значення напруги U_{rms} — також відоме як діюче значення напруги — на лінійному активному навантаженні воно виконує ту ж саму роботу, що і постійна напруга такого ж рівня.

При визначенні напруги в мережі нас цікавить саме діюче значення напруги. Також відомо, що амплітудне та діюче значення напруги пов'язані між собою через $\sqrt{2}$, тобто амплітудне значення більше діючого в $\sqrt{2}$ разів.

Оскільки має місце змінна напруга, то при приєднанні навантаження по ньому буде текти змінний струм, який також має миттєве, амплітудне, середнє та середньоквадратичне значення, які розраховуються по формулам, що наведені вище, але замість напруги фігурує струм.

Проте, враховуючи, що розроблюваний пристрій не є вимірювачем потужності або аналізатором спожитої електроенергії, а має лише виконувати комутацію баластного навантаження при надлишку електричної енергії у внутрішній мережі будинку/господарства, було сформовано інший підхід до визначення рівнів споживання енергії. Проаналізувавши структурну схему пристрою і враховуючи топологію мереж електропостачання змінного струму, можна зробити висновок, що мережевий інвертор, споживачі електроене-

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ргії, лічильник електроенергії і пристрій комутації баластного навантаження з'єднані паралельно, тобто прикладена до них напруга однакова.

Отже, для визначення величини спожитої або згенерованої енергії достатньо визначити струм що вони споживають. Це дозволить не використовувати датчик напруги, спростить процес обробки даних і зменшить вартість готового пристрою. Обмежена функціональність і найнижча можлива ціна є основними вимогами до розробки.

Фактично, блок вимірювання потужності тепер буде вимірювати тільки струм що споживається або генерується. Тому необхідно визначитись з типом датчика струму.

Силу струму можна виміряти мікроконтролером, але не напряму.

Можливі різні варіанти перетворення струму до потрібних мікроконтролеру величин і форм.

Наприклад, у лічильниках електроенергії для визначення сили струму часто використовують вимірювальний шунт. При протіканні струму через активний опір, на ньому відбувається падіння напруги, яке пропорційне цьому струму. Схематичне зображення принципу роботи шунта наведено на Рисунку 4.9, а на Рисунку 4.10 продемонстрований один з варіантів виконання вимірювального шунта[14].

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						33
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

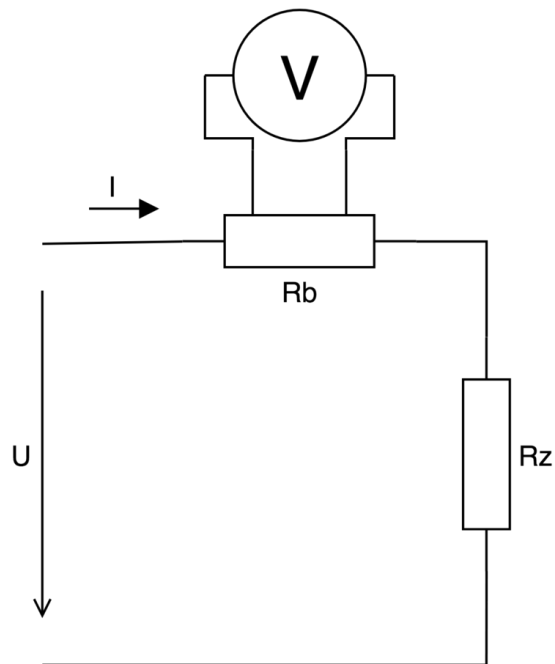


Рисунок 4.9 – Принцип роботи вимірювального шунта



Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд вимірювального шунта

Падіння напруги на шунті пропорційне струму, що через нього протікає, що видно на формулі:

$$U_{\text{ш}} = I R_{\text{ш}} \quad (4.3)$$

де $U_{ш}$ — напруга, що падає на шунті;

I — струм, що протікає крізь шунт;

$R_{ш}$ — опір шунта.

Проте, вимірювальний шунт потребує безпосереднього встановлення у лінію струм в якій необхідно визначити, що для цілей розроблюваного пристрою є недоцільним – необхідність «врізання» в лінію трьох вимірювальних шунтів дещо ускладнює процес встановлення і обслуговування пристрою. Також, в цілях зменшення виділення зайвого тепла на шунті (закон Джоуля-Ленца) їх опір зменшують, що призводить і до зменшення максимального значення напруги, що пропорційна вимірюваному струму, що вимагає підсилення до величин з якими здатен працювати мікроконтролер, або ж використання більш чутливих АЦП. В обох випадках це призводить до ускладнення схеми і зростанню собівартості готового пристрою.

До того ж, вимірювальний шунт не є гальванічно розв'язаним, що створює додаткову небезпеку як для приладу так і для обслуговуючого персоналу.

В останні десятиліття давачі струму поповнились давачами на ефекті Холла. Ці давачі побудовані на принципі, що відкрив 1879 року Едвін Холлом. Ефект Холла полягає в наступному: якщо провідник зі струмом помістити в магнітне поле, то на його краях виникне електрорушійна сила (ЕРС), спрямована перпендикулярно до напрямку струму і до напрямку магнітного поля, як зображено на Рисунку 4.11[15].

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

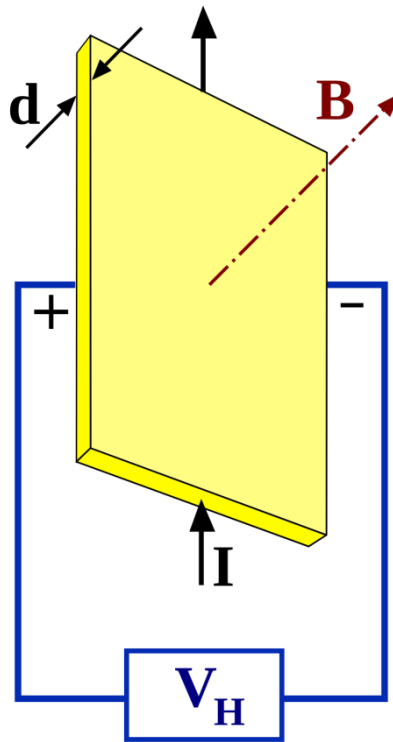


Рисунок 4.11 – Ефект Холла

Коли через тонку пластинку напівпровідникового матеріалу, що називається елементом Холла, протікає струм I , при наявності магнітного поля на рухомі носії заряду (електрони) діє сила Лоренца, що викривляє траєкторію руху електронів і призводить до перерозподілу об'ємних зарядів в елементі Холла.

Внаслідок цього на краях пластинки, що паралельні напрямку протікання струму, так звана ЕРС Холла, яка пропорційна векторному добутку магнітної індукції B на щільність струму I і має типові значення в декілька мікр вольт.

Для розроблюваного пристрою давач струму на ефекті Холла підходить тільки у вигляді безконтактного давача, бо так само як і вимірювальний шунт, його необхідно підключати у розрив лінії.

Іншим методом вимірювання сили струму в електричному колі є використання вимірювального трансформатора струму, різні варіанти якого наведено на Рисунку 4.12 [16].



Рисунок 4.12 – Варіанти виконання вимірювального трансформатора струму

Конструктивно цей пристрій є аналогічним звичайному трансформатору, первинна обмотка якого під'єднана до джерела струму, а вторинна приєднана до вимірювального приладу. Перевагою цього методу є те, що трансформатори струму можуть вимірювати великі значення струми та мають гальванічну розв'язку. Однак, є і значні недоліки, серед яких складність експлуатації (вторинна обмотка повинна бути навантажена, бо в протилежному випадку на ній виникне великий потенціал, який пошкодить прилад), зміна форми сигналу через магнітні явища, частотна залежність. Проте, на сьогоднішній день, такі датчики струму дуже часто використовуються, тому на масовому ринку доступно багато їх варіантів виконання. Для цілей використання з розробленим пристроєм, найбільш цікавими є безконтактні датчики струму з роз'ємними осердями, що дозволяють підключати їх до лінії зі струмом без її розмикання і вимикання під'єднаних споживачів.

Проаналізувавши існуючі варіанти давачів, було обрано безконтактний давач струму побудований за принципом трансформатора струму. Такий вибір обґрунтовано простотою встановлення та підключення до пристрою і ви-

мірюваної лінії, низькою ціною (в порівнянні з аналогічним давачем на ефекті Холла) і вимірюванні давачем тільки змінної складової струму.

В цьому випадку, давач струму буде окремим пристроєм що підключатиметься до розроблюваного пристрою через спеціальний роз'єм, який буде визначено при виборі елементної бази.

Максимальний струм, що має вимірювати давач становить 25А, враховуючи це, було обрано безконтактний давач струму MP563 що розрахований на вимірювання максимального струму у 30А. Має вбудований резистор, що дозволяє підключати його безпосередньо до входу АЦП мікроконтролера.

4.4 Блок керування

Блок керування складається з мікроконтролера і необхідних для його роботи елементів і додаткових елементів що необхідні для функціонування приладу в цілому (наприклад роз'єм для програмування).

Мікроконтролер буде розраховувати середньоквадратичне значення струму, що надходитимуть з трьох давачів, порівнювати їх та приймати рішення про підключення баластного навантаження.

Мікроконтролер повинен відповідати таким критеріям:

- Наявність АЦП з роздільною здатністю не менше 8 біт;
- Достатня швидкодія задля розрахунку середньоквадратичного значення періодичних величин;
- Поширеність та низька ціна;
- Достатня кількість портів вводу та виводу;
- Легкість експлуатації та налагоджування.

Вибір мікроконтролера буде проведено при виборі елементної бази, проте вже на даному етапі відомо, що це буде мікроконтролер AVR фірми Microchip. Такий вибір обумовлений широким розповсюдженням, низькою ціною та великим вибором мікроконтролерів цієї компанії.

Остаточний варіант схеми принципової блоку керування буде приведено у загальній електричній принциповій схемі пристрою.

Проте необхідно визначити основні методи для підключення мікроконтролера[17].

Для роботи контролерів серії AVR досить тільки живлення. На всі входи V_{cc} треба подати 5 В, а всі входи GND треба під'єднати до «землі». У мікроконтролера може бути багато входів V_{cc} і багато входів GND (особливо, якщо він в квадратному TQFP корпусі). Це зроблено не для зручності монтажу, а з метою рівномірної живлення кристалу з усіх боків, щоб внутрішні ланцюга живлення не перевантажувались.

Окремі питання викликало $AGND$ і $AVCC$ – це аналогова «земля» і живлення для АЦП. АЦП це дуже точний вимірювач напруги, тому його бажано живити через додаткові фільтри, щоб перешкоди, які не рідкісні в звичайному ланцюзі живлення, не впливали на якість вимірювання. З цією метою в точних схемах проводять поділ «землі» на цифрову і аналогову, а на $AVCC$ подається напруга через фільтруючий дросель.

Найпростіша схема підключення мікроконтролера AVR приведена на Рисунку 4.13.

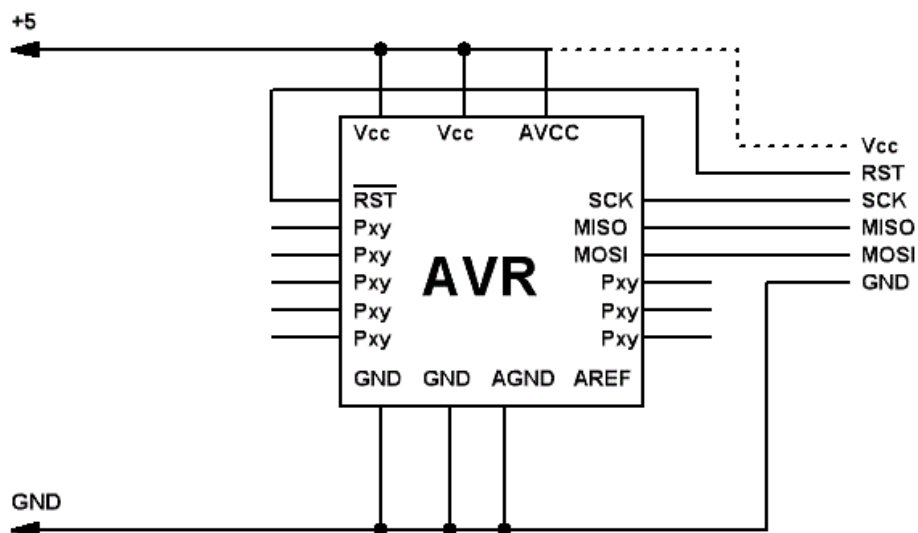


Рисунок 4.13 – Найпростіша схема підключення МК

Це необхідний мінімум щоб контролер запустився. Провід V_{cc} до програматора показаний пунктиром оскільки він не обов'язковий.

Покращений варіант схеми продемонстровно на Рисунку 4.14.

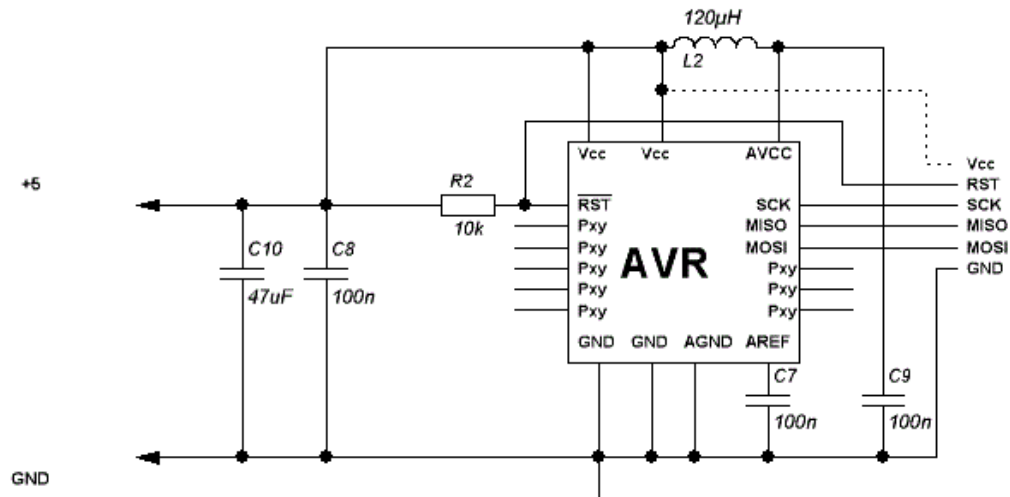


Рисунок 4.14 – Покращена схема підключення МК

Додався дросель в ланцюг живлення $AVCC$, а також конденсатори.

Рекомендовано ставити керамічний конденсатор на 100 нФ між V_{cc} і GND у кожної мікросхеми якомога ближче до виводів живлення – він згладить короткі імпульсні перешкоди в шині живлення викликані роботою цифрових схем. Конденсатор на 47 мкФ в ланцюзі живлення згладить глибші стрибки напруги. Конденсатор між AV_{cc} і GND додатково стабілізує живлення на АЦП.

Вхід $AREF$ це вхід опорної напруги АЦП. Туди можна подати напругу щодо якого буде вимірювати АЦП, але зазвичай використовується або внутрішнє джерело опорної напруги на 2.56 В, або напруга на $AVCC$, тому на $AREF$ рекомендується підключати конденсатор, що трохи поліпшить якість опорного напруги АЦП (а від якості опори залежить адекватність показань на виході АЦП).

5 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

При виборі елементної бази необхідно керуватися наступними критеріями:

- Обрана елементна база має забезпечити необхідні електричні параметри;
- Коректний вибір елементної бази дозволить оптимізувати вагу та габарити кінцевого виробу;
- Доступність елементної бази;
- Вплив на вартість виробу.

Розроблений пристрій має як активні елементи, так і пасивні.

Пасивні необхідні для зміни рівня сигналу по напрузі та струму, зменшують потужність сигналу через її споживання самим елементом та перетворенням її в тепло.

Активні елементи потрібні для зміни потужності сигналу.

Для вибору елементів використовується каталог інтернет магазину «РКС Компоненти».

При виборі елементів треба пам'ятати, що виріб має обмежений простір, тому необхідно обирати елементи, встановлення яких виконується поверхневим монтажем. Також прилад має експериментальне виконання, тому потрібно обирати елементи такого розміру, який можливо монтувати вручну за допомогою паяльника.

5.1 Вибір контактних елементів X1, X2, X3, X4, X5, X6

Контактний елемент X1 необхідний для під'єднання дротів живлення до плати. Тому головною вимогою до цього елементу є достатня електрична міцність, тобто він повинен працювати при змінній напрузі 230 В та струмі до 25 А. Обрано клемний гвинтовий з'єднувач HB9500-2P фірми PHISCALE, що призначений для роботи напругою 300 В і струмом 30 А.

					<i>РТ61.648415.001 ПЗ</i>	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Контактний елемент X2 необхідний для під'єднання дротів живлення баластного навантаження до плати. Він повинен мати як мінімум 10 контактів, щоб забезпечити приєднання 5 навантажень, і має працювати при змінній напрузі 230 В та струмі до 5 А (для кожного контакту окремо). Обрано клемний гвинтовий з'єднувач WJ2EDGVC-5.08-14P на 14 контактів фірми Ningbo Kangnex Eles, призначений для роботи з напругою до 250 В і струмом до 6 А (для кожного контакту окремо).

Контактні елементи X3, X4, X5 призначені для підключення зовнішніх давачів струму через стандартний роз'єм TRS 3.5 мм. Обрано роз'єм TRS 3.5 мм KLS1-TSJ3.5-009 компанії KLS.

В якості контактного елемента X6, що слугує для підключення прогнатора до плати, обрано міжплатний з'єднувач PLD-06 від компанії KLS. Даний міжплатний з'єднувач має 6 контактів, які розташовані у два ряди по 3 контакти з кроком 2,54 мм.

5.2 Вибір трансформатора T1

Трансформатор повинен бути силовим, розрахований на мережеву частоту 50 Гц, з первинної обмоткою на 230 В і однією вторинною обмоткою на 7 - 10 В (запас на стабілізацію). Номінальна потужність трансформатора 4 - 8 Вт. Для низької потужності, тип конструкції не є суттєвим. Обрано трансформатор POL-08030 компанії РМ, з напругою первинної обмотки 85-265 В, напругою вторинної обмотки 8 В, максимальним струмом вторинної обмотки (піковий) 4 А.

5.3 Вибір діодного моста VD1

Діодний міст повинен мати наступні параметри:

- Малий зворотний струм;
- Робоча напруга повинна бути більше амплітудної в мережі;
- Прямий струм повинен бути більше 1 А.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

Можливо використовувати як чотири окремих діода, так і збірку з чотирьох діодів, виконаних в одному корпусі.

Обрано діодний міст KBL01-E4/51 компанії Vishay, з максимальною робочою напругою 100 В і максимальним прямим струмом 4 А.

5.4 Вибір стабілізатора напруги DA1

Даний стабілізатор повинен мати напругу стабілізації 5 В, робочий струм більше 1 А та напругу падіння на самому стабілізаторі при номінальному струмі (Dropout voltage) більше або рівна 1 В. Обрано лінійний стабілізатор L7805ABV компанії SM з наступними параметрами:

- Корпус DPAK;
- Вхідна напруга 30 В;
- Вихідна напруга 5 В;
- Вихідний струм 1 А;
- Напруга падіння 1,7 В;
- Тип виходу фіксований;
- Температурний діапазон -40...125°C
- Монтаж ТНТ.

5.5 Вибір оптореле DA2 – DA7

Для гальванічного розв'язання силової та сигнальної частини схеми використано оптопари і оптореле.

Для елементів DA2 – DA6 використано оптореле MOC3063SR2M фірми Fairchild Semiconductor.

Для елемента DA7 використано оптореле PC814 фірми NEC.

5.6 Вибір діодних збірок D1 – D4

Для елементів D1 – D4 використано діодну збірку BAV99 компанії NXP/YJ і виконану в корпусі SOT-23.

					<i>PT61.648415.001 ПЗ</i>	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.7 Вибір реле K1 – K4

Реле має виконувати комутацію баластного навантаження потужністю до 1 кВт, при напрузі 230 В, тобто повинно мати робочий струм 5 А і більше. Було обрано електромагнітне реле RT314006 фірми Schrack, з комутованою напругою 250 В і максимальним струмом 16 А.

5.8 Вибір мікроконтролера DD1

На даному етапі розробки пристрою, вже відомі основні вимоги до мікроконтролеру:

- Мікроконтролер серії AVR;
- Живлення напругою 5 В;
- Швидкодія достатня для обробки даних з датчиків в реальному часі;
- Як мінімум 5 портів виводу, для керування комутацією баластного навантаження;
- Як мінімум 4 портів 8-бітного АЦП, для перетворення аналогового сигналу з датчиків струму і від мікросхеми синхронізації.

Було обрано мікроконтролер ATmega8L фірми Atmel, з такими основними параметрами:

- Ширина шини даних: 8 біт
- Тактова частота: 8 МГц при 5В
- Кількість входів/виходів: 23
- Об'єм пам'яті програм: 8 кілобайт (флеш)
- Об'єм EEPROM: 512 x 8
- Об'єм RAM: 1k x 8
- АЦП/ЦАП: 6 x 10В
- Вбудовані інтерфейси: I2C, SPI, UART
- Напруга живлення: 2.7 ... 5.5 В
- Робоча температура: -40 ... 85°C

- Корпус:

DIP-28

5.9 Вибір запобіжника FU1

Замість використання конкретного плавкого запобіжника, доцільніше встановити на платі тримач для запобіжника. Це дозволить без додаткових інструментів і пайки замінити його у випадку виходу із ладу.

Було обрано тримач запобіжника KLS5-242 від фірми KLS, що призначений працювати з напругою до 260 В і струмом до 6 А. Згідно з принциповою схемою блоку живлення, в нього має встановлюватись запобіжник на 0,15 А, тому оберемо плавкий запобіжник GT1-4602A-150mA/250V від компанії Global Tone.

5.10 Вибір варистора RU1

Варистор є важливою складовою блоку живлення, запобігає проходженню нетривалих стрибків напруги до інших елементів схеми. Має спрацьовувати якомога швидше, працювати в широкому діапазоні напруг (до 1000 В) і спрацьовувати при напрузі, що перевищує номінальну в 1,7 – 2,5 разів, та здатний виділити зайву енергію без руйнування.

Обрано варистор JVR-07N471K фірми Joyin з класифікаційною напругою 470 В, можливістю поглинання енергії в 35 Дж і часом спрацювання 25 нс.

5.11 Вибір симісторів VS1, VS2, VS3, VS4, VS5

Згідно з схемою електричною принциповою, симістори мають працювати з напругою 230 В/50 Гц і витримувати струм у 5 А. Також необхідно щоб симістори витримували короточасні ударні струми 50А і більше. Бажаним є корпус ТО-220, що дозволить їм швидше охолоджуватись або встановити додаткове пасивне охолодження.

					PT61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Обрано симістори BTA08-600BRG від компанії STMicroelectronics, що мають наступні параметри:

- Максимальна зворотня напруга: 600 В
- Макс. значення струму в відкритому стані : 8 А
- Макс. короткочасний струм у відкритому стані: 80 А
- Макс. напруга в відкритому стані: 1.5 В
- Найменший постійний струм управління, необхідний для включення симістора: 0.05 А
- Відкриваюча напруга управління, відповідна мінімальному відмикаючому струму: 1.3 В
- Час включення: 2 мкс
- Робоча температура: -40...125 С
- Корпус: TO-220AB
- Струм утримання: 50 мА

5.12 Вибір пасивних елементів

До пасивних елементів належать резистори, дроселі та конденсатори.

Для елементів R1 – R13 обираємо вивідний метало-плівковий резистор серії CR від компанії Hitano. Резистори цієї серії мають менший розмір, широкий температурний діапазон роботи (від -55°C до +155°C) та високу робочу напругу (до 500 В).

Для елементів R14 – R36 обираємо керамічний SMD-резистор серії RC від компанії Hitano. Обираємо резистор, який виконано в типорозмірі 0805.

Для елемента R37 обираємо керамічний SMD-резистор серії RC від компанії Hitano. Обираємо резистор, який виконано в типорозмірі 1206.

Для елемента C1 обираємо плівковий конденсатор серії BFC від компанії Vishey. В цій серії присутній конденсатор з робочою напругою 630 В та з потрібною ємністю.

Для елемента C2 обираємо електролітичний конденсатор серії EHR від компанії Hitano. В цій серії присутній конденсатор з робочою напругою 25 В

					<i>PT61.648415.001 ПЗ</i>	Лист
						46
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

та з потрібною ємністю, також ця серія має широкий діапазон робочих температур.

Для елементів C3 – C7 обираємо SMD-конденсатор серії C від компанії Hitano. Обираємо конденсатори, який виконані в типорозмірі 1206.

Для елементів C8 – C15 обираємо SMD-конденсатор серії EZV-SMD від компанії Hitano. Обираємо конденсатори, який виконані в типорозмірі SMD size A.

Для елемента L1 обираємо SMD дросель серії CDRH від компанії Sumida.

5.13 Вибір світлодіодних індикаторів HL1 – HL6

Для елементів HL1 – HL6 обрано вивідний світлодіод KLS9-L-5013URC фірми KLS червоного кольору.

5.14 Вибір обмежувального діода VD1

Для елемента VD1 обрано діод BZG05C9V1-HE3-TR компанії Vishay.

5.15 Вибір транзисторів VT1 – VT9

Елементи VT1 – VT9 мають бути виконані в SMD-корпусі, працювати з сигналами логічного рівня 5 В і керувати струмами до 0,5 А. Тому обираємо польовий транзистор IRLML2402TRPBF компанії IR, який виконано в типорозмірі SOT-23.

					<i>PT61.648415.001 ПЗ</i>	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Для приладу було обрано друкований вузол виконаний двостороннім змішаним монтажем і металізацією отворів.

Для виготовлення ДВ пристрою використано склотекстоліт FR-4 товщиною 1,5 мм та з шаром металізації 105 мкм.

Метод формування — комбінований позитивний, бо він є основним для виготовлення двосторонніх друкованих плат. Фоторезистом захищають прогалини. Потім на всю поверхню плати наносять лакову основу (оболонку), свердять монтажні отвори і виконують хімічне міднення (вся плата покривається тонким шаром міді — в декілька мікрон). Хімічним реактивом знімається лакова оболонка, а з нею — мідь, (крім того шару, що осів на стінках отворів, бо під ним немає лаку). Далі в гальванічній ванні нарощують мідь в отворах, і на незахищених фоторезистом місцях фольги (місця провідників і контактних майданчиків). Потім на провідники та контактні майданчики наносять захисний шар металу і усувають фоторезист з незахищених місць (прогалин). Оголений шар фольги стравлюють.

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ДРУКОВАНА ПЛАТА

Оскільки розміри друкованої плати визначалися в процесі проектування, для експериментального виконання обрано друковану плату розміром 150 мм на 200 мм зі зрізаними кутами по 10 мм під кутом 45 градусів з усіх сторін. Плата має прямокутну форму і містить 6 кріпильних отворів.

З аналізу схеми електричної принципової видно, що на платі присутні провідники, що мають різне призначення — сигнальні та силові, з різними значеннями напруги та з різними струмами, що проходять крізь них.

Тому необхідно відповідним чином вибрати мінімальну ширину провідника опираючись на струм, що протікає крізь неї.

Мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому рахується за формулою:

$$t = \frac{I_{max}}{h_p j_p} \quad (7.1)$$

де I_{max} — максимальний струм;

h_p — товщина шару металізації;

j_p — допустима щільність струму в провіднику.

У друкованому провіднику щільність струму $j_p = 20 \text{ A/мм}^2$.

Обирається третій клас точності друкованої плати. Мінімальна ширина провідника, обумовлена виробничими можливостями складає 0,55 мм.

Присутні провідники, по яких протікають струми до 25 А та до 1 А.

Мінімально допустима ширина провідників наведена у Таблиці 7.1.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 Мінімально допустима ширина провідників

Струм	Ширина провідника
До 1 А	0,55 мм
До 25 А	12 мм

Проте, допустимо збільшувати ширину провідників в процесі розробки друкованої плати.

Провідники по яким протікає струм до 25 А повинні додатково лудитися до товщини більше 250 мкм.

Проектування і трасування друкованої плати виконано за допомогою програмного забезпечення Altium Designer 18.

В результаті трасування було отримано топологічні шари, зображені на Рисунку 7.1 і Рисунку 7.2.

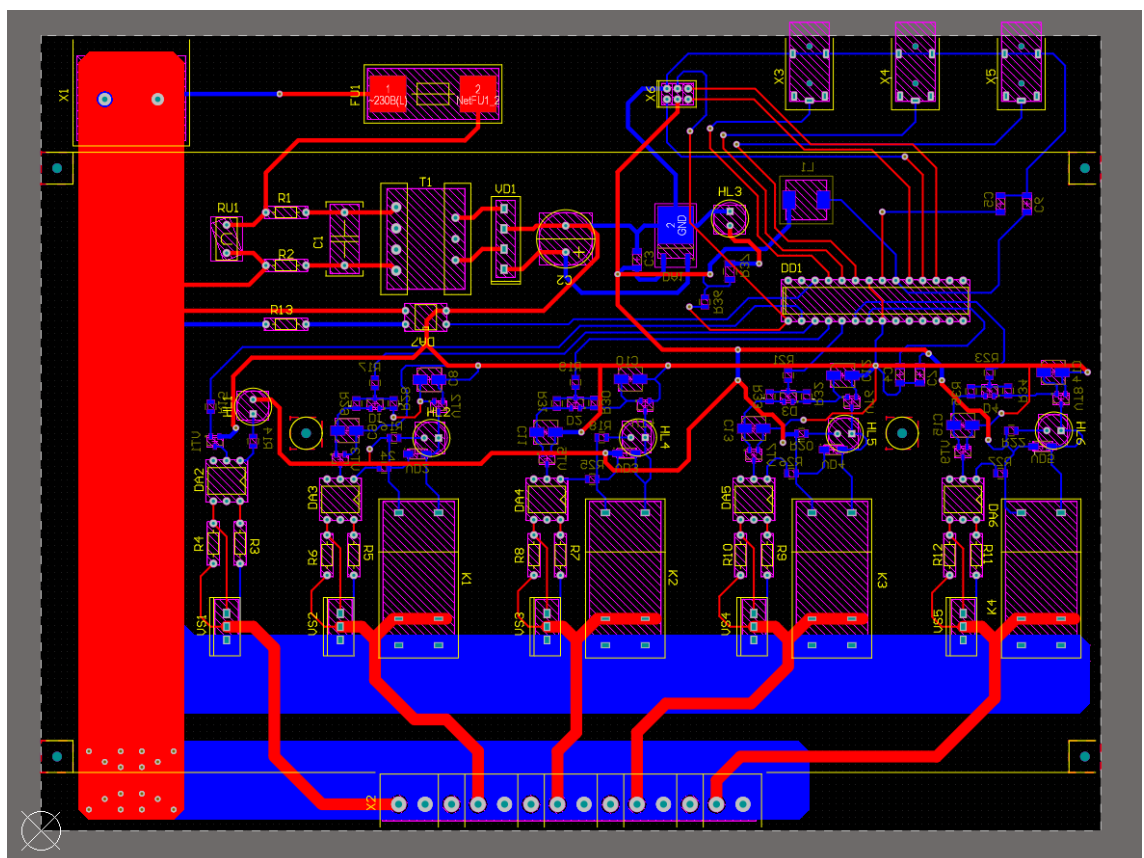


Рисунок 7.1 – Верхній шар трасування

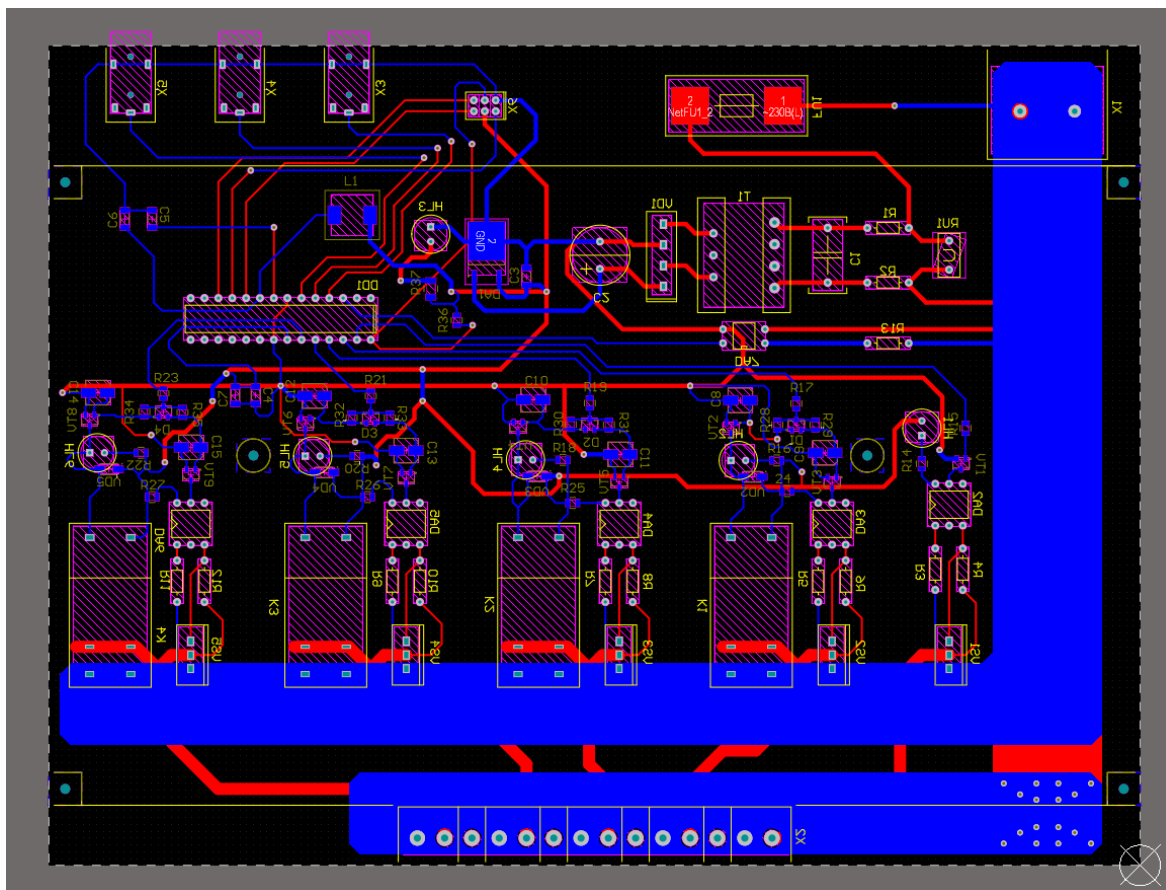


Рисунок 7.2 – Нижній шар трасування

Отримана двостороння друкована плата. Верхній шар провідників позначено червоним кольором, нижній – синім. Усі отвори, окрім кріпильних, робляться з металізацією. Плата має захисну маску, яка закриває усі провідники окрім контактних майданчиків.

					PT61.6484 15.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

8 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В блоці керування у якості мікроконтролера використовується АТmega8L. Для мікроконтролерів AVR існує багато можливостей для програмування, але перевагу було віддано CodeVisionAVR за її зручний інтерфейс і вбудований компілятор, легке налагоджування та малий розмір.

Алгоритм роботи програми наведено на Рисунку 8.1.

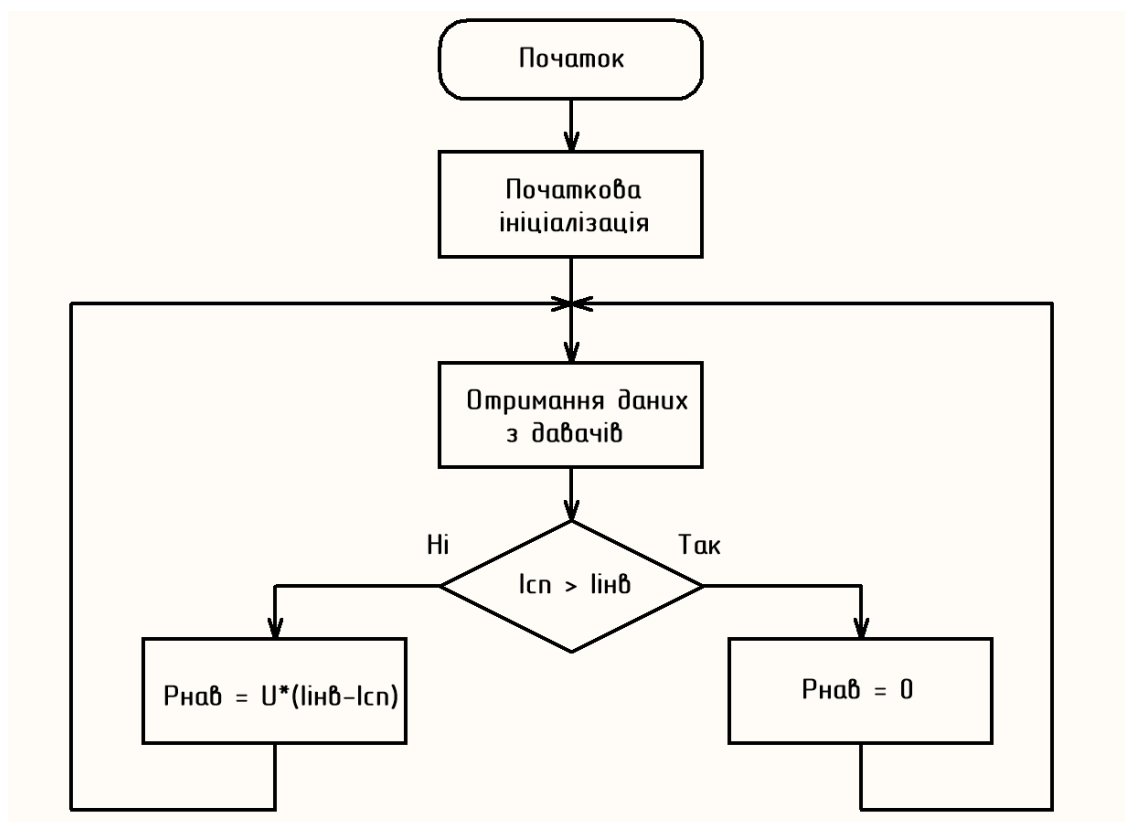


Рисунок 8.1 – Алгоритм роботи програми

Як видно з ілюстрації алгоритму в основі роботи цього блоку є нескінченний цикл, в тілі якого міститься розрахунок сили струму, операції порівняння значень струму з різних гілок та комутування додаткового навантаження для компенсації надлишку струму.

Розрахунок сили струму виконується в тілі функції `currentrms()`. В ній середньоквадратичне значення сили струму рахується за формулою:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (8.1)$$

де I_{rms} — середньоквадратичне значення струму;

$i(t)$ — миттєве значення струму.

Тобто розрахунок іде напряду. АЦП мікроконтролера за 100 мс знімає 200 значень миттєвого значення сили струму з давачів MS563, що дає частоту дискретизації 2 кГц. При частоті в мережі 50 Гц цієї частоти достатньо. Зняті значення відповідним чином перераховуються в значення сили струму в колі.

Розраховані значення сили струму порівнюються один з одним і приймається рішення щодо підключення додаткового навантаження.

У додатку Б наведено частковий програмний код для блоку керування. В процесі первинних випробувань, програмний код необхідно доповнювати та поліпшувати.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9.1 Вступ

Розділ охорони праці призначений для аналізу і встановлення заходів з охорони праці при розробці та монтажі пристрою комутації баластного навантаження мережевого інвертору.

Дипломне проектування передбачає аналіз умов праці з точки зору факторів, що шкідливо впливають на здоров'я і якість праці, а також розробку заходів, що дозволять знизити вплив шкідливих та небезпечних факторів до допустимих значень.

До основних шкідливих факторів, що виникають при проектуванні, виготовленні, налагодженні та експлуатації приладу відносять:

- Вплив електромагнітного випромінювання;
- Небезпека ураження електричним струмом;
- Запиленість і загазованість робочої зони;
- Незадовільна освітленість робочих місць (чи підвищена яскравість);
- Незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;
- Психофізичні перевантаження.

Згідно з законодавством України, охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому дотримання безпечних умов праці є обов'язковим для будь-якого підприємства, а ухилення від дотримання цих норм вважається злочином та переслідується адміністративним або кримінальним кодексом України.

9.2 Визначення шкідливих і небезпечних виробничих чинників при виробництві розроблюваного пристрою

До основних шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на працівників, які задіяні на виробництві розроблюваного приладу, можуть відноситись:

- Підвищені рівні електромагнітного поля (рівні випромінювання повинні відповідати ГОСТ 2.1.006-84);
- Недостатня освітленість робочої зони (умови освітленості виробничий приміщень повинні задовольняти нормам, які визначні у ДБН В.2.5-28 –2018);
- Небезпека ураження електричним струмом;
- Незадовільні параметри мікроклімату робочої зони (величини показників мікроклімату у виробничих приміщеннях повинні задовольняти нормам, які визначні у ДБН В.2.5-67:2013 і ДСН 3.3.6.042-99);
- Вміст (у повітрі робочої зони) шкідливих речовин різного характеру в небезпечних концентраціях, що перевищують гранично припустимі (граничнодопустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинна задовольняти нормам, які визначені у ГОСТ 12.1.005-88 і ГОСТ 12.1.007-80);
- Підвищений рівень шуму на робочому місці (припустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку й еквівалентні рівні звуку на робочих місцях варто приймати відповідно до санітарним нормам припустимих рівнів шуму на робочих місцях ДСН 3.3.6.037-99);

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						55
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

- Підвищена напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці (напруженість електричних полів промислової частоти на робочих місцях повинна задовольняти нормам, які визначні у ГОСТ 12.1.002-88).

Отже для забезпечення безпеки виробництва пристрою потрібно дотримуватись усіх приведених норм.

9.3 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

9.3.1 Відповідність параметрів виробничого приміщення санітарним нормам

Дотримання санітарних норм дозволить створити сприятливі умови праці для працівників. Основні вимоги до таких приміщень викладені в СНиП 2.09.02-85 та в інших нормативних документах.

Висота виробничого приміщення повинна складати 4 м, довжина — 8 м, ширина — 6 м. Отже площа приміщення складає 48 м², об'єм складає 192 м³. Загальна кількість працюючих складає 5 чоловік, тому на працюючого припадає площа 9,6 м² та об'єм 38,4 м³.

Згідно СНиП 2.09.02-85 на одного працюючого в приміщенні повинно припадати площа не менше 4,5 м², об'єм не менше 15 м³, тому таке виробниче приміщення цілком відповідає вимогам.

При розробці пристрою в лабораторії розробником виконуються дослідницькі роботи з технічною документацією, макетами вимірювальних приладів, конструкторські роботи (розрахунок вимірювальних схем пристроїв, виготовлення креслень); практичні роботи (монтаж схем складених блоків апарату і їхня збірка, пайка друкованих плат, перевірка працездатності пристрою та основних його характеристик).

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконувані роботи не вимагають систематичного значного фізичного навантаження і відносяться до легких фізичних робіт з енерговитратами до 120 ккал/година (категорія Іа, постійне робоче місце).

9.3.2 Відповідність рівня освітленості робочої зони санітарним нормам

Для освітленого часу доби використовується природне освітлення через вікна в стінах будинку, а також штучне освітлення, що складається із загального освітлення приміщення та місцевого, тобто використано змішане освітлення. Загальне штучне освітлення забезпечується світильниками з лампами денного світла типу ЛТБ-40, потужністю 40 Вт, а додаткове (індивідуальне) настільними світильниками з лампами розжарювання потужністю 60 Вт і напругою 36 В.

Головною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення в середині приміщень прийнято метод коефіцієнта використання світлового потоку, що призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь, при відсутності затемнюючих предметів. При цьому, в розрахунках враховується пряме та відбите світло.

Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику визначається формулою:

$$F_{\text{Л}} = \frac{E_{\text{Ф}} k_z S z}{N n \eta} \quad (9.1)$$

Реальне штучне освітлення робочих місць визначається з формулою:

$$E_{\text{Ф}} = \frac{n N \eta F_{\text{Л}}}{k_z S z} \quad (9.2)$$

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $F_{\text{л}}$ — світловий потік лампи, лм;
 N — кількість ламп, од;
 n — кількість ламп в світильнику, од;
 η — коефіцієнт використання світлового потоку;
 S — площа приміщення, м²;
 k_z — коефіцієнт запасу, обраємо $k_z = 1,5$;
 z — коефіцієнт нерівномірності, обраємо $z = 1,1$.

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку визначаємо індекс приміщення i та коефіцієнти відбиття стелі ρ_n , стін ρ_c , робочої поверхні ρ_p :

$$i = \frac{ab}{h_c(a + b)} \quad (9.3)$$

де a — довжина приміщення, м;
 b — ширина приміщення, м;
 h_c — висота підвісу світильників над робочою поверхнею, м.

Коефіцієнт відбиття білої стелі $\rho_n = 0,7$, білених стін при незавішених вікнах $\rho_c = 0,5$, середніх робочих поверхонь $\rho_p = 0,3$.

Виходячи з коефіцієнту i обраємо коефіцієнти використання світлового потоку.

За табличними даними отримаємо $\eta = 0,43$. Знаючи тип ламп, а саме ЛТБ-40 (чотири лампи з розсіювачем), за табличними даними визначаємо номінальний світловий потік, лм.

Отримаємо $F_{\text{л}} = 3124$ лм. В такому разі:

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\Phi} = \frac{3124 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 48 \cdot 1,1} = 677,7 \text{ лм} \quad (9.4)$$

Штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами ДБН В.2.5.-28-2018.

Для зорової роботи категорії 3в при загальному освітленні це 600 лм.

У нашому випадку фактичне освітлення перевищує припустимі норми.

9.3.3 Відповідність санітарним нормам параметрів мікроклімату в робочій зоні

Для збереження здоров'я і підвищення працездатності важливо створити для працівника стабільні метеорологічні умови — мікроклімат повітряного середовища (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового опромінення).

Мікроклімат виробничих приміщень — це умови внутрішнього середовища приміщень, що впливають на теплообмін працюючих з середовищем шляхом конвекції, кондукції, випаровування вологи та теплового випромінювання. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих працівника поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Оптимальні умови поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на працівника підтримують нормальний тепловий режим організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують тепловий комфорт і створюють передумови для підвищеного рівня працездатності.

При відхиленні параметрів мікроклімату від комфортних, в організмі працівника відбуваються процеси, спрямовані на терморегулювання. Розрізняють фізичну і хімічну терморегуляцію організму. Хімічна відбувається че-

					<i>РТ61.6484 15.001 ПЗ</i>	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

рез зниження рівня обміну речовин, а фізична – за допомогою теплопровідності, конвекції, випромінювання і випарювання.

Значні відхилення параметрів мікроклімату від оптимальних можуть стати причиною ряду респіраторних захворювань і запальних процесів, які можуть перейти в більш важкі захворювання, якщо не прийняти відповідні заходи з оздоровлення та покращення мікроклімату приміщень.

Робочою зоною вважається простір, обмежений конструкціями виробничих приміщень, що мають значну висоту над рівнем підлоги чи ділянки, на який знаходяться місця постійного чи нетривалого перебування працюючих.

Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього виробничих факторів, що утворюються в процесі трудової діяльності людини.

Для нормальної життєдіяльності людини важливий парціальний тиск кисню – 21331 Па (160 мм рт.ст.) та необхідно, щоб повітря в приміщеннях містило не менше 19-20% кисню.

Важливо, щоб повітря мало визначений іонний склад. Зазвичай, у повітрі містяться позитивні і негативні йони, що по рухливості розрізняються на легкі, середні та важкі. На життєдіяльність організму людини позитивно впливають негативні йони кисню. Вміст легких йонів у повітрі виробничих і громадських приміщень, повітряне середовище в яких піддається додатковій обробці в системах кондиціонування, приведено в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 Припустимий вміст легких іонів у повітрі робочої зони

Рівень іонізації повітря	Число йонів на 1см ³		Значення показників полярності
	Позитивні йони	Негативні йони	
Мінімально необхідний	600	400	-0,2
Оптимальний	3000-5000	1000-3000	Від -0,67 до 0
Максимально допустимий	5000	5000	Від -0,05 до +0,05

Рекомендовано, щоб рівень іонізації повітря в виробничому приміщенні відповідав оптимальному рівню.

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в робочій зоні розробника, користуються ДСТУ Б А..2-12-2009 та ДБН В.2.5-67:2013.

Нормовані значення параметрів мікроклімату в робочій зоні розробника наведені в Таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 Нормовані значення параметрів мікроклімату у робочій зоні розробника

Пора року	Параметр	Нормативне значення	
		Допустиме	Оптимальне
Холодна	Температура, °C	21-25	22-24
	Вологість, %	75	40-60
	Швидкість, м/с	< 0,1	< 0,1
Тепла	Температура, °C	22-28	23-25
	Вологість, %	55 при 28° C	40-60
	Швидкість, м/с	0,1-0,2	< 0,1

Рекомендується дотримуватись оптимальних нормативних значень параметрів мікроклімату.

Щоб цього досягти необхідно використовувати додаткові охолоджуючі чи обігрівуючі кліматичні пристрої. Слід пам'ятати, що мікроклімат окрім організму людини також впливає на вимірювальну техніку, тому недотримання вимог мікроклімату може значно вплинути на точність цієї техніки, що може призвести до збільшення кількості відбакованих виробів лише через те, що вони не пройшли нормоконтроль.

Слід зазначити, що холодною порою року вважається період, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря $+10^{\circ}\text{C}$ і нижче.

Теплою порою року вважається період, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище $+10^{\circ}\text{C}$.

9.3.4 Відповідність електробезпеки відповідним нормам

Розроблений пристрій згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 має II клас електрозахисту (у складі готової системи).

Робоче приміщення нежарке, сухе, відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки ураження персоналу електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35°C , відсутні хімічно агресивні середовища (ПУЕ).

Живлення електроприладів у робочому приміщенні здійснюється від трьох фазної мережі із глухо заземленою нейтраллю напругою 230В і частотою 50Гц із використанням автоматів струмового захисту.

У приміщенні використана схема занулення. Для зменшення значень напруги дотику й відповідних їй величин струму, при нормальному й аварійному режимах роботи обладнання необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту.

Відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 все устаткування (крім ЕОМ – II клас) відноситься до I класу, має робочу ізоляцію відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 і підключається до електромережі за допомогою трьохконтактних вилок, один з виводів яких підключений до заземленого виводу розетки.

Підключення устаткування виконано відповідно до вимог ПУЕ. Виконаємо електричний розрахунок електромережі на перевірку розмикаючої здатності автоматів струмового захисту. При розрахунку струму однофазного короткого замикання користуємось формулою:

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						62
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{Ф}}}{R_0 + R_{\text{Ф}} + Z_t} \quad (9.5)$$

де R_0 — опір нульового дроту;

$R_{\text{Ф}}$ — опір фазного дроту;

Z_t — розрахунковий опір трансформатора

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{230}{0,75 + 0,75 + 0,5} = 115\text{A} \quad (9.6)$$

Оскільки для струмового захисту використовується автоматичний розмикач, обчислимо його номінальний струм спрацювання $I_{\text{зп}}$.

Для надійної роботи автоматів струмового захисту необхідно виконання наступної умови:

$$I_{\text{КЗ}} > 1.25 \cdot I_{\text{зп}} \quad (9.7)$$

Отримуємо: $I_{\text{зп}} < 92\text{A}$

Номінальний струм спрацювання автомату струмового захисту, який застосовується в робочому приміщенні, задовольняє цій вимозі.

9.3.5 Відповідність пожежної безпеки відповідним нормам

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 приміщення, де виконуються електромотажні роботи, по рівню пожежної безпеки та вибухонебезпеки належать до категорії В (пожежнонебезпечні). В приміщенні знаходяться тверді горючі речовини, що не здатні переходити в зважений стан, тому робочі зони при-

					<i>РТ61.648415.001 ПЗ</i>	Лист
						63
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

міщення по пожежонебезпеці належать класу II-IIa. Причиною виникнення пожежі може бути порушення ізоляції струмоведучих дротів, коротке замикання, паління в приміщенні і порушення правил експлуатації електроприладів. На випадок виникнення пожежі повинна забезпечуватись можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи.

Потрібна кількість виходів, ширина проходів та ступінь вогнестійкості будівлі повинна задовольняти ДБН В.1.1.-7-2002 та СНиП 2.09.02-85. В будівлі присутні два евакуаційні виходи — фасад і вихід бокової сторони. Кількість, розташування та умови зберігання засобів для гасіння пожежі (вогнегасники, пожежні гідранти і т.п.) повинні відповідати НАПБ Б.01.008-2004 та ДСТУ 3675-98.

В приміщенні встановлені два вогнегасники ВВ-8 (вуглекисневих восьми літрових) для гасіння електрообладнання напругою до 1000 В.

Передбачаються наступні заходи з метою забезпечення пожежної безпеки:

- Постійний контроль стану засобів пожежогасіння;
- Контроль за станом ізоляції струмопровідних дротів;
- Заборонена паління в приміщенні;
- Неприпустимість перевантаження та перегріву при роботі обладнання;
- Заборона експлуатації обладнання з саморобними запобіжниками;
- Неприпустимість знаходження в приміщенні горючих та вибухонебезпечних речовин;
- Встановлення пожежних сповіщувачів потрібного типу, які зможуть захистити увесь виробничий простір.

					РТ61.6484 15.001 ПЗ	Лист
						64
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеного аналізу доступних на ринку приладів, які виконують комутування навантажень, вимірюють параметри споживання електроенергії, було визначено, що аналогічних за призначенням та функціями для заданих параметрів електричної мережі.
2. У результаті розгляду можливих способів визначення сили струму та методів регулювання потужності навантаження, їх недоліків та переваг, розроблено структурну схему, на основі якої була створена електрична принципова схема.
3. Після вибору елементної бази, розробки джерела живлення та розробки основних блоків пристрою розроблена друкована плата та загальний вид конструкції друкованого вузла.
4. В якості мікроконтролеру використовується ATmega8L та програмується на мові програмування Cі.
5. Виконане тривимірне моделювання конструкції приладу в програмному забезпеченні Altium Designer 18.
6. Створено конструкторську документацію, яка відповідає усім вимогам ЄСКД.
7. Розроблений пристрій має такі параметри та функції: робота в мережах змінного струму 230 В/50 Гц; комутація баластного навантаження загальною потужністю до 5 кВт, з яких 4 кВт з дискретом в 1 кВт, і 1 кВт плавно; автоматичний аналіз споживання енергії і комутація необхідного баласту, у випадку перевищення генерації над споживанням.
8. Розроблений пристрій задовольняє усім вимогам технічного завдання.

					<i>РТ61.6484.15.001 ПЗ</i>	Лист
						65
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/documents/green-tariff.pdf> – Назва з екрану.
2. Инвертор для солнечных батарей: виды устройств, обзор моделей, особенности подключения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/invertor-dlya-solnechnyx-batarej.html> – Назва з екрану.
3. ГКД 34.20.175-2002. Требования к проектированию воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ с самоудерживающимися изолированными проводами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dnaop.com/html/45584/doc-gkd-3420175-2002-trebovanija-k-projektirovaniju-vozdushnyh-linij-elektrperedachi-napryazhenijem-do-1-kv-s-samouderzhivajushhimi> – Назва з екрану.
4. SunTechnics - STW 4600 E [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.secondsol.com/en/anzeige/5921/wechselrichter/stringwechselrichter/suntechnics/stw-4600-e> – Назва з екрану.
5. Документация на КИТ МР563 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.compel.ru/pdf-items/_mastkit/pn/kit-mp563/a68274df48677d2df5065e1d86868022 – Назва з екрану.
6. Пермикач фаз електронний Volt Control 16 А ПЭФ-301 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://epicentrk.ua/ua/shop/pereklyuchatel-faz-elektronnyy-volt-control-16-a-pef-301.html?gclid=EAIaIQobChMIv6CtvL736QIVTYuyCh3BHgoqEAYYASABEGJLDvD_BwE – Назва з екрану.
7. Регулятор мощности + автоматика 5 кВт Pandora-MPR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vilenoff.com/elektronika/avtomatika/pandora-mpr-5-kw> – Назва з екрану.

					<i>РТ61.6484 15.001 ПЗ</i>	Лист
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Серия HDH-xx44.ZD3 для коммутации мощной нагрузки в стандартном корпусе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kippribor.ru/TTR/Seriya-HDH-xx44ZD3> – Назва з екрану.
9. Трубчатый электронагреватель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Трубчатый_электронагреватель – Назва з екрану.
10. Пусковой ток. Типы и работа. Применение и особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/puskovoi-tok/> – Назва з екрану.
11. Симистор – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/симистор> – Назва з екрану.
12. Вторичный источник электропитания – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вторичный_источник_электропитания – Назва з екрану.
13. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.en.lg.ua/images/stories/2019/standart-yakosti.pdf> – Назва з екрану.
14. Шунт – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Шунт> – Назва з екрану.
15. Эффект Холла – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Холла – Назва з екрану.
16. Kisfeszültségű áramváltó – Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hu.wikipedia.org/wiki/Kisfeszültségű_áramváltó – Назва з екрану.
17. Подключение микроконтроллера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/podklyuchenie-mikrokontrollera-likbez.html> – Назва з екрану.

ДОДАТОК А

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник дипломного проекту

_____ О.М. Антоненко

14 квітня 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту Іванову Євгену Володимировичу.

Тема проекту: «Пристрій комутації баластного навантаження мережевого інвертора»

Розробити пристрій комутації баластного навантаження мережевого інвертора з наступними технічними та експлуатаційними характеристиками:

- 1 Електрична мережа – однофазна.
- 2 Потужність мережевого інвертора – до 5 кВт.
- 3 Дискретність комутації баластного навантаження – 1 кВт.
- 4 Забезпечити плавне регулювання потужності в межах 1 кВт.

Студент

Є.В. Іванов

					РТ61.6484.15.001 ПЗ	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Функція визначення середньоквадратичного значення сили струму currentrms():

```
float currentrms(unsigned long terminSamp, unsigned long sampInter,
unsigned int CurrentPin, unsigned long zeroAC)
{
    unsigned int numSamp = 0;
    unsigned int countSamp = 0;
    unsigned long iAC = 0;
    unsigned long prevTime = micros() - sampInter;
    numSamp = (unsigned int) terminSamp / sampInter;
    float rmsDC = 0;
    while (countSamp < numSamp)
    {
        if (micros() - prevTime >= sampInter)
        {
            iAC = (analogRead(CurrentPin) - zeroAC);
            rmsDC = rmsDC + (unsigned long)(iAC * iAC);
            countSamp = countSamp + 1;
            prevTime += sampInter;
        }
    }
    rmsDC = sqrt( (float)rmsDC / terminSamp );
    return rmsDC;
}
```

ДОДАТОК В

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ПРИСТРІЙ

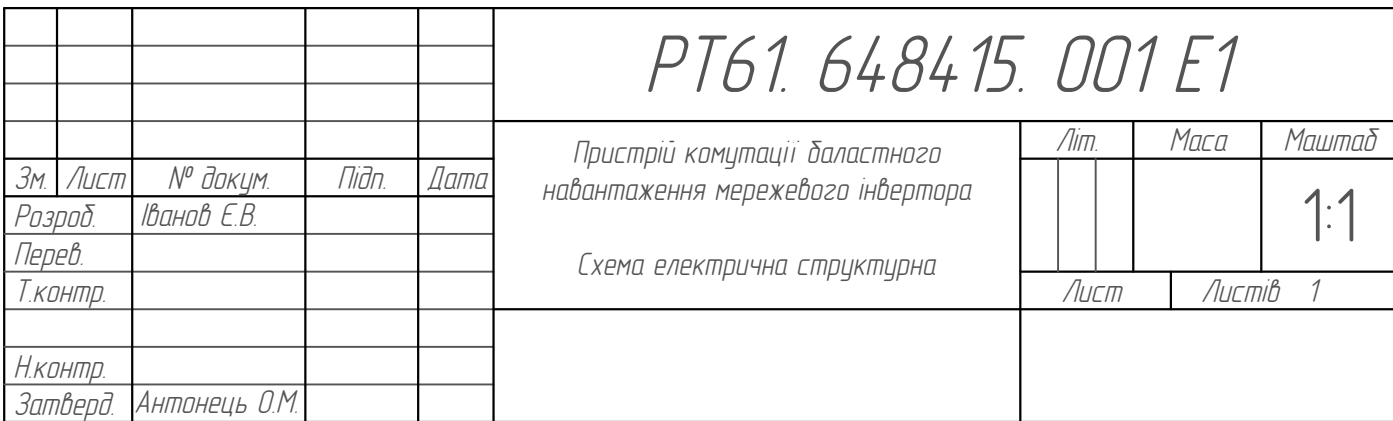
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				Документація		
A4			РТ61.64.84.15.001 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A3			РТ61.64.84.15.001 СК	Складальний кресленик	1	
				Складальні одиниці		
		1	РТ61.64.84.15.001 СК	Друкований вузол	1	

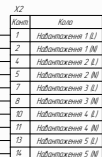
СПЕЦИФІКАЦІЯ

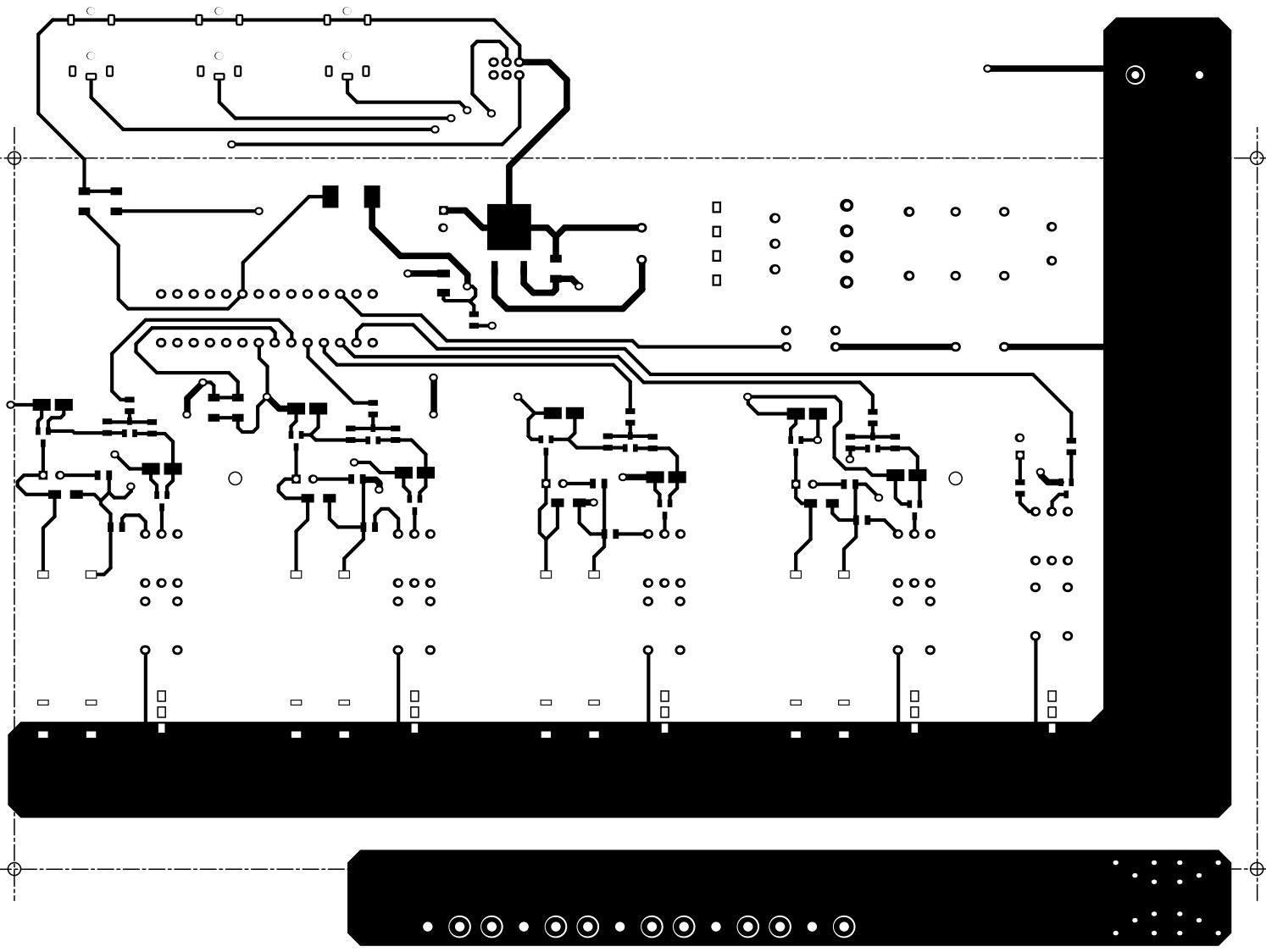
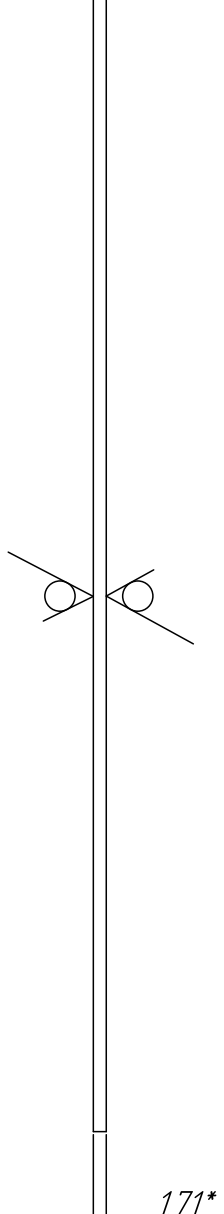
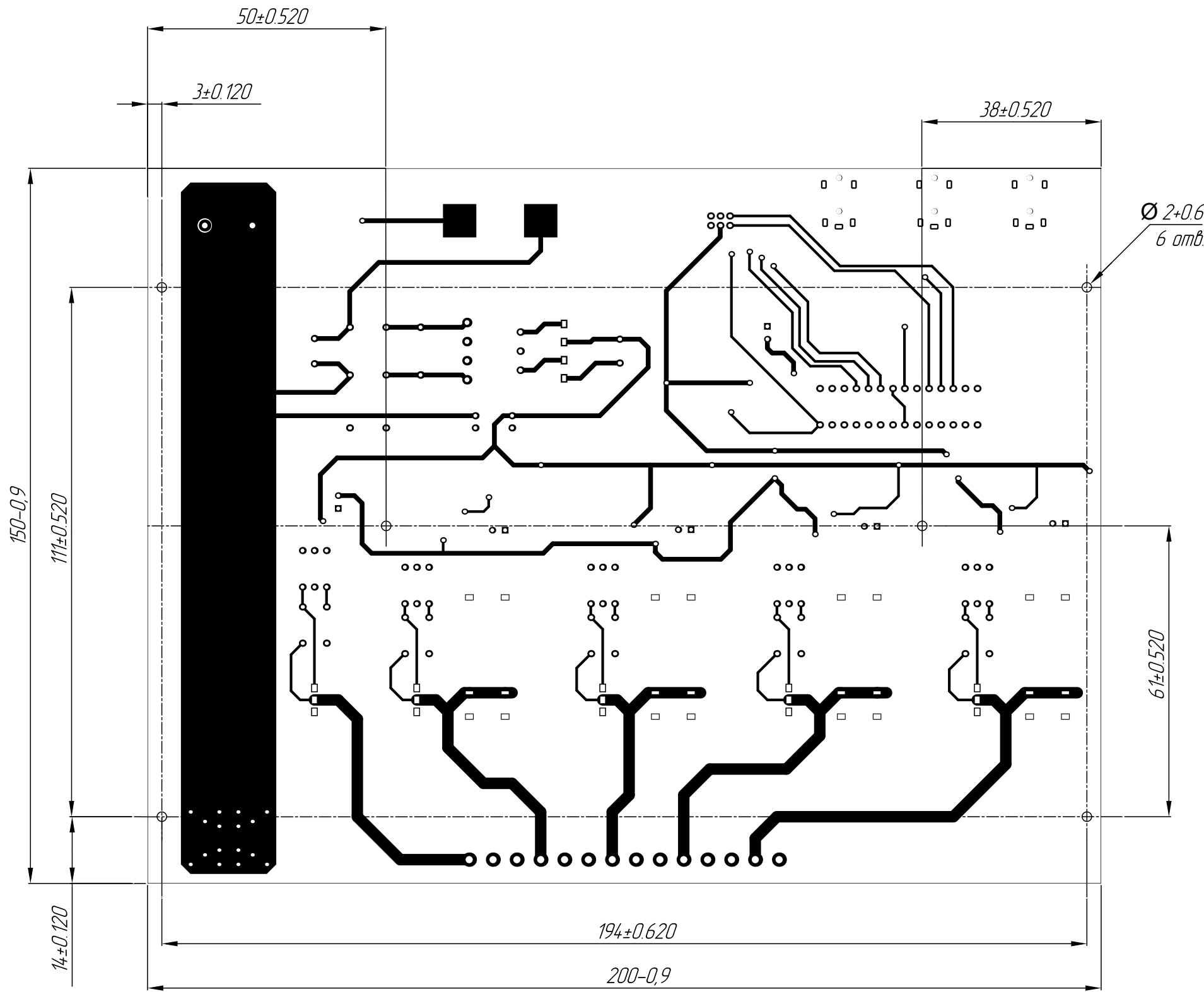
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A4			PT61.6484.15.001 ПЕ	Перелік елементів		
A1			PT61.6484.15.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A2			PT61.6484.15.001 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	PT61.6484.15.001	Друкована плата		
				PT61. 6484.15. 001		
Розроб.	Іванов Є.В.			Друкований вузол	Літер.	Аркш
Перев.						1
Т.контр.					НТУУ «КПІ», РТФ, зр. РТ-261-1	
Н.контр.						
Затв.	Антоненко О.М.					

[illegible]

[illegible]



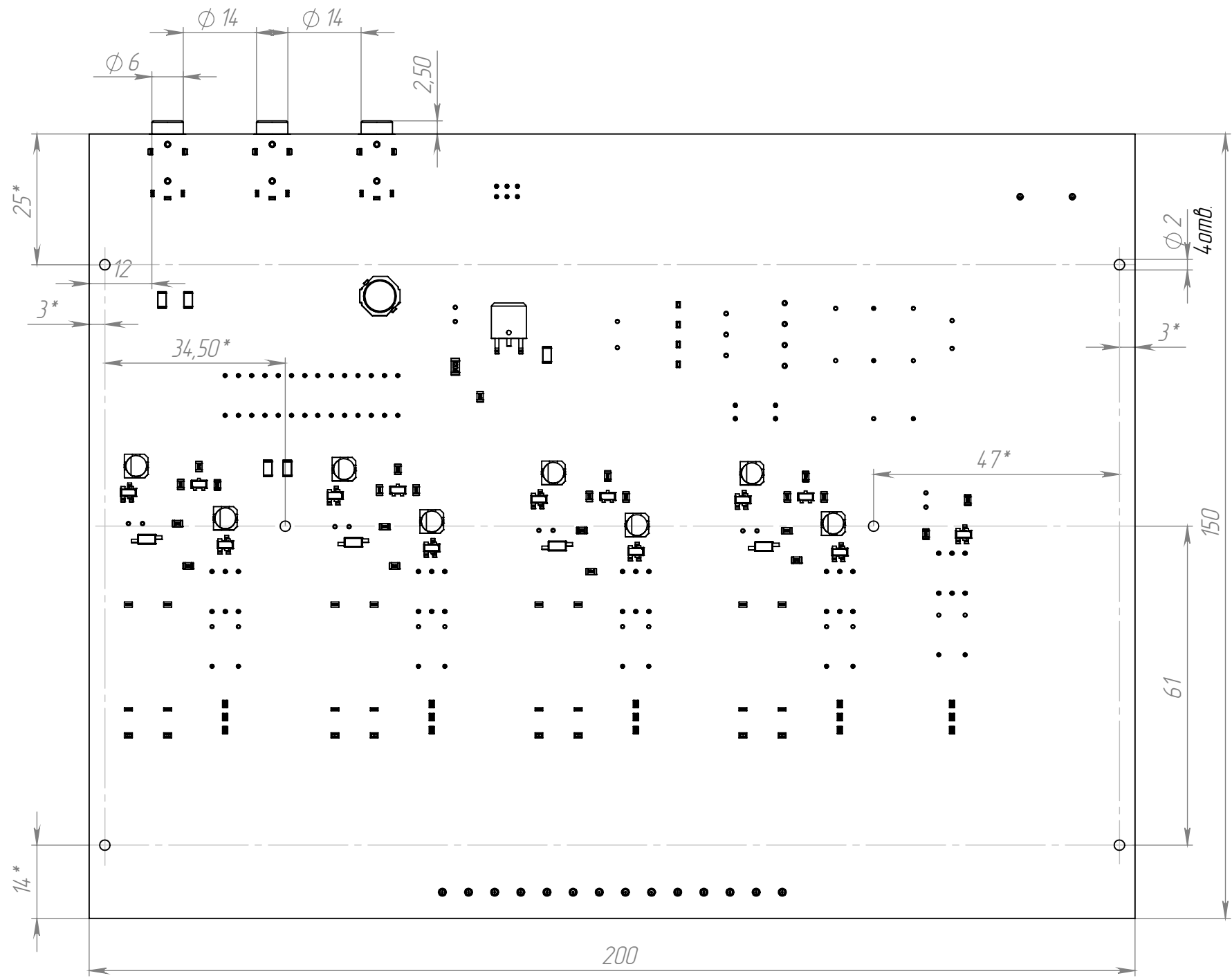
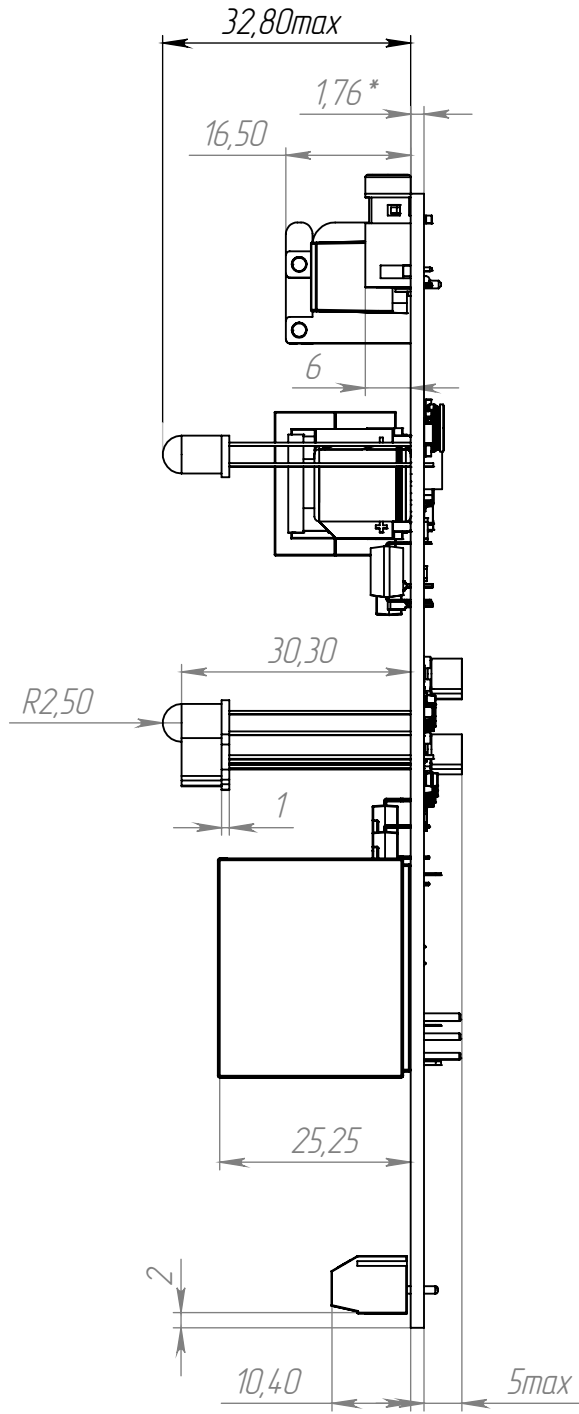
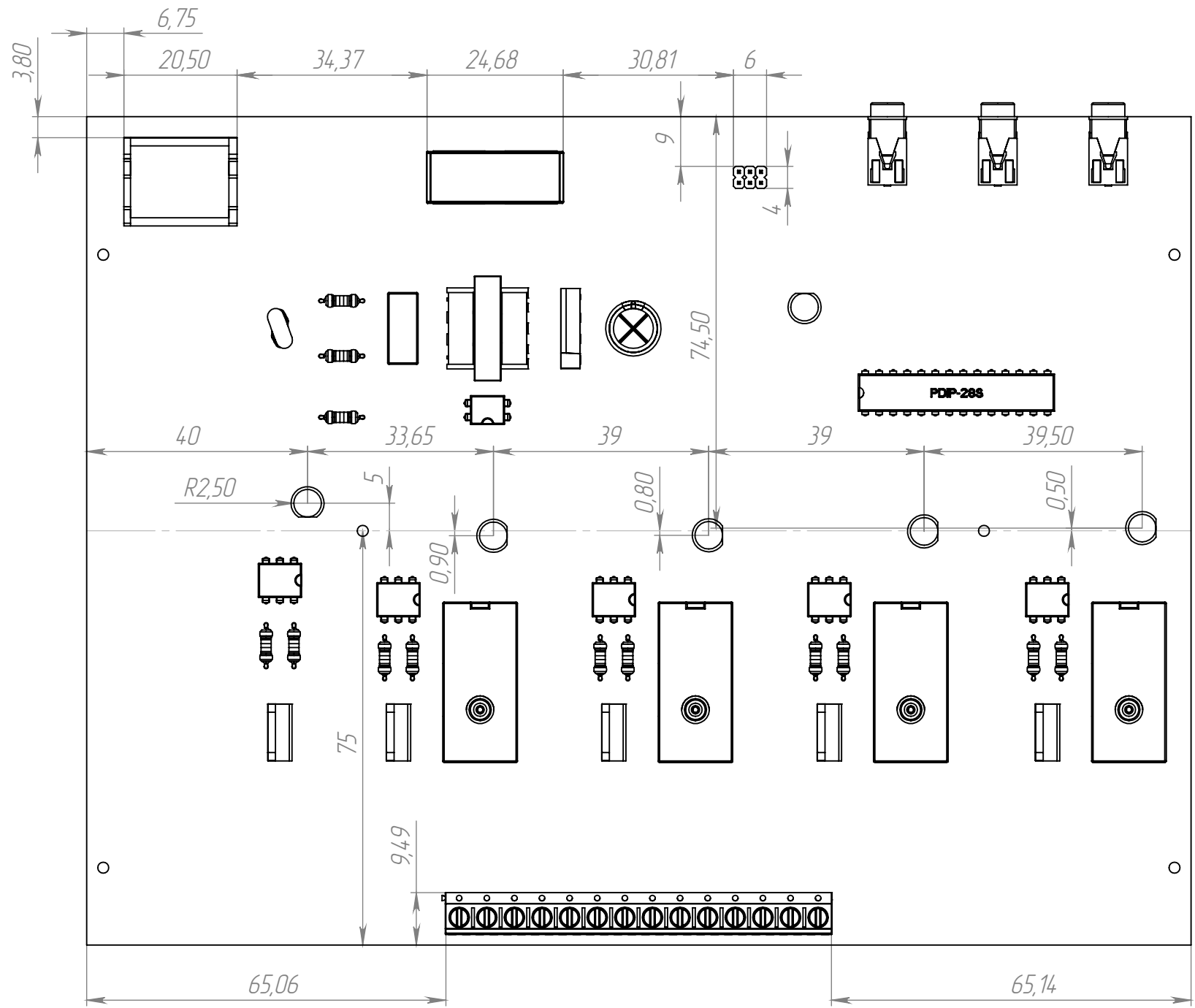
[illegible]



1 * Розміри для довідок
2 Плату виготовити комбінованим позитивним методом
3 Клас точності 3, за ГОСТ 23751-86
4 Інші технічні вимоги по ГОСТ 10.010.070.014

PT61.648415.001				Лист 1			Листов 1		
Пристрій комутації балансного навантаження мережевого інвертора				Лист 1			Листов 1		
Склятекстоліт FR-4 105/105 15				НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", РТФ, РТ-261-1			1:1		
Копіював				Формат А1					

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Стараа. №	Пера. примен.



- 1 * Розміри для довідок
- 2 Монтаж виконано відповідно схеми електричної принципавої PT61648415.001.E3
- 3 Встановлення елементів виконувати за ГОСТ 29137-91
- 4 Інші технічні вимоги по ОСТ4 ГОСТ0.070.014.

					PT61.6484 15.001 СК				
					Друкований вузол		Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Складальний кресленик				
Разраб.		Іванов ЄВ							
Пров.							Лист	Листов	
Т. контр.							НТУУ "КПІ ім. І.Скворського", РТФ, РТ-261-1		
Н. контр.									
Утв.		Антоненц ОМ							